



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ARTO KANGAS
POTILASSIIRTOKULJETUSJÄRJESTELMÄN LOGISTIIKAN
HALLINNAN SUUNNITTELU
Diplomityö

Tarkastaja: Professori Hannu Koivisto
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 9. lokakuuta 2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

KANGAS, ARTO: Potilassiirtokuljetusjärjestelmän logistiikan hallinnan suunnittelu

Diplomityö, 74 sivua, 4 liitesivua

Joulukuu 2013

Pääaine: Automaation ohjelmistotekniikka

Tarkastaja: Professori Hannu Koivisto

Avainsanat: Potilassiirtokuljetus, Ensihoitokeskus, ERICA, Logistiikka, Optimointi

Terveystenhuolto on jatkuvien muutospaineiden alla hoitoprosessien kehittyessä ja väestöpohjan muuttuessa. Jatkuva kustannuksien kehitys on johtanut tilanteeseen, jossa palveluita pyritään hajauttamaan yhä suuremmalle alueelle. Tämä luo säästöjä, mutta myös samalla tarvetta palveluiden huolellisemmalle suunnittelulle. Terveystenhuollon yksi merkittävimmistä osista on ensihoidon palvelut, jotka ovat osakseen saaneet alueellista hajautusta. Nykyään ensihoitopalvelut tulee hoitaa keskitetyllä suunnittelulla suurelle maantieteelliselle alueelle.

Vuonna 2011 voimaan astunut terveystenhuoltolaki siirsi vastuun ensihoitopalveluiden toteuttamisesta kunnilta sairaanhoitopiireille. Suomi on jaettu yliopistolisten sairaaloiden mukaan viiteen sairaanhoidon erityisvastuualueeseen, jotka voidaan jakaa yhä 20 sairaanhoitopiiriksi. Näiden sairaanhoitopiirien yhteyteen on perustettu ensihoitokeskuksia, joiden tehtäviin kuuluu alueensa ensihoitopalveluiden toteuttaminen.

Tässä diplomityössä suunnitellaan potilassiirtokuljetusjärjestelmän logistiikan hallintaa sekä sen toteuttavaa sovelluksen käyttöliittymää ja toimintaprosessia. Järjestelmän on tarkoitus tulla käyttöön ensihoitokeskuksissa, joissa ajosuunnittelijat ja kenttäjohtajat voivat sen avulla suunnitella alueensa potilassiirtokuljetuksia. Järjestelmä on osa valtakunnallista uutta hätäkeskustietojärjestelmä ERICA:a.

Työn teoriaosuus painottuu potilassiirtoihin terveystenhuollossa ja logistiisiin optimointiteorioihin. Näiden avulla pyrittiin saamaan kuvaa potilassiirtojen tarpeista ja saada niiden avulla tietoa potilassiirtokuljetuksien toteutuksista ja tarpeista. Logistiikan optimointiteorioita tarvitaan ymmärtämään logistiikan hallintaa. Eri-laiset optimointimenetelmät on suunniteltu tehostamaan suunnittelua.

Työssä esitellään prosessi, jolla potilassiirtokuljetuksien tarve voidaan muuntaa toteutettavaksi siirtokuljetukseksi. Tarve voidaan yhdistää prosessin avulla suorittavaan yksikköön, kuten esimerkiksi ambulanssiin. Tämän logistisen hallinnan toteuttamiseksi työssä suunniteltiin käyttöliittymä, joka täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja vaatimuksista tehdyt käyttötapaukset. Lisäksi optimointiohjelmistolle määriteltiin ohjeita ja vaatimuksia, joiden perusteella tulee valita sopivin optimointiohjelmisto. Tärkeimpinä jatkotutkimuskohteina on optimoinnin syvempi hyödyntäminen, tiedonvälitys, tuotteistaminen ja raportointi.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

KANGAS, ARTO: Healthcare transition's logistic management design

Master of Science Thesis, 74 pages, 4 Appendix pages

December 2013

Major: Automation Software Engineering

Examiner: Professor Hannu Koivisto

Keywords: Patient transition, ERICA, PSAP, logistics, optimization, Health care

National healthcare is under continuous pressure for changes because of the on-going development in population and healthcare processes. The healthcare services have been distributed into larger areas to lower expenses. This reorganising raises the demand for more efficient planning. One of the healthcare system's most important domain is first aid, which has faced its' own challenges in distribution. These days the planning has been centralised into the first aid healthcare centres which are located near universities and central hospitals.

A new law for healthcare was introduced in May 2011. This law changed the planning of first aid services from municipalities to healthcare districts. Finland has been divided into 5 areas that are responsible for their own healthcare services. These areas are further divided into 20 smaller healthcare districts that are responsible for providing the needed first aid services. These healthcare districts have their own centres, which plan and organise the usage of services in their area.

This thesis discusses the patient transition system's logistics management process and design. Part of the goal is to design a user interface for the system application to handle patient transitions. The patient transition system should provide a tool for planning the transitions inside the responsible healthcare district. The designed system is part of a national PSAP-information system called ERICA.

The theory in this paper focuses on general patient transitions and logistic optimisation. Those are used to adapt information for designing the needs of the system to provide patient transition's logistic management.

Based on the deeper understanding of patient transitions and logistic optimisation, I was able to design a process to transform a need for a patient transition into a real life patient transition. The need can now be attached to an operating unit like ambulance, which performs the transition. The designed user interface gives all the tools for handling the patient transitions. This UI also meets all the requirements of the system and is able to manage the used cases that were composed from the requirements. Also all the given introductions and requirements for the optimisation software should be used to choose the most suitable candidate to be the optimisation service provider for the system. The most important recommendations for further study are higher utilisation of logistic optimisation, information sharing and reporting.

ALKUSANAT

Tulihan se viimein valmiiksi! Iso kiitos kuuluu professori Hannu Koivistolle työn ohjaamisesta ja aiheen tarkentamisesta. Kiitos myös Insta DefSec oy:n Aapo Koskelle, Teemu Ekolalle ja Maija Kuuselalle työn teon avustamisesta sekä tietysti kiitos koko firmalle mahdollisuudesta tehdä osan tästä työstä muiden töideni ohella.

Valtava kiitos ja kumarrus vanhemmilleni, siskoilleni ja veljelleni tuestanne opiskeluvuosieni aikana. Eikä tietysti voi unohtaa kavereitani, jotka autoitte minua jaksamaan!

Tampereella 14.11.2013

Arto Kangas

SISÄLLYS

Tiivistelmä	ii
Abstract	iii
Lyhenteet, termit ja niiden määritelmät	vii
1 Johdanto	1
1.1 Potilassiirtokuljetukset ja logistiikan hallinnan tarve	1
1.2 Tavoitteet ja osakokonaisuudet	2
1.3 Diplomityön rakenne	3
2 Potilassiirrot	4
2.1 Potilassiirrot terveydenhuollossa	4
2.2 Roolit potilassiirroissa	6
2.3 Potilassiirtojen luokitukset	6
2.3.1 Riskialue luokat	6
2.3.2 Tehtävän kiireellisyysluokat	8
2.4 Siirtokuljetuksien kohteet	11
2.5 Käytössä olevia kuljetusajoneuvoja	12
2.6 Potilassiirtojen kustannukset	13
3 Reitityksen ja logistiikan optimointiteoriat	15
3.1 Reititys, optimointi ja ratkaisuteoriat käsitteenä	15
3.2 Heuristiset ja metaheuristiset menetelmät	15
3.3 Optimointiongelman määrittäminen	17
3.4 Reititysongelmien käyttö ratkaisun tukena	18
3.5 Logistiikan suunnittelun optimointiongelmat	20
3.5.1 Kauppataskustajan ongelma	20
3.5.2 Ajoneuvon reititysongelma	21
3.5.3 Nouto- ja toimitusongelma	24
3.6 Ajoneuvon reititysongelmien laajennokset ja rajoitteet	26
3.6.1 Aikaikkunat	26
3.6.2 Avoin reititys	27
3.6.3 Kapasiteetti- ja ominaisuusrajoitteet	27
3.6.4 Kuljetusneuvojen monikäyttöisyys	28
3.6.5 Henkilöstön rajoitteet	28
3.6.6 Varusterajoitteet	29
3.6.7 Jaksoittaisuus	29
3.7 Optimoinnin merkitys järjestelmälle	29
3.7.1 Optimointimenetelmien laatu ja suorituskyky	29
3.7.2 Optimointimenetelmien käyttö ja valinta	31
4 Potilassiirtojen suunnittelu ja hallinta	35
4.1 Potilaskuljetuksien suunnittelu ja toteutus	35
4.2 Käytössä olevat työkalut	36
4.3 Reititys ja logistiikan optimoinnin hyödyntäminen	37

5	Potilassiirtokuljetusten hallinnan järjestelmä.....	39
5.1	Käyttöympäristö ja integroituminen ERICA-tietojärjestelmään.....	39
5.2	Vaatimusmäärittely	40
5.3	Järjestelmän hallinnoitavat osat	41
5.3.1	Yleiskuvaus.....	42
5.3.2	Tehtävä.....	43
5.3.3	Kuljetuspyyntö.....	45
5.3.4	Siirtokuljetus.....	46
5.3.5	Yksikkö.....	47
5.3.6	Hoitolaitos.....	48
5.4	Käyttötapaukset.....	48
5.5	Potilassiirtokuljetusprosessi käyttötapauksilla.....	51
5.6	Tietojen täyttö ja muokkaus erillisnäkyssä	52
5.7	Käyttöliittymäkuvaus	53
6	Potilassiirtokuljetusten hallinnan toteutus	55
6.1	Konfigurointi toimipaikan mukaan	55
6.2	Käyttäjänhallinta	55
6.3	Järjestelmän objektien hallinta.....	56
6.3.1	Objektin tunnistus	56
6.3.2	Historiatietojen hallinta.....	56
6.4	Sovelluksen osat.....	57
6.4.1	Hallintasovellus	57
6.4.2	Karttasovellus	58
6.5	Käyttöliittymän toteutus.....	58
6.6	Käyttöliittymän osat	60
6.6.1	Lista- ja tietonäkymä	60
6.6.2	Toiminta- ja resurssinäkymä.....	62
6.6.3	Työjärjestysnäky.....	64
6.7	Siirtokuljetuksien välitys ja vastuut	65
6.8	Logistiikan optimoinnin hyödyntäminen	66
6.8.1	Optimoinnin vaikutus prosessiin	66
6.8.2	Optimointiohjelmistojen käyttö ja valinta	66
7	Yhteenveto	68
7.1	Potilassiirtokuljetuksen logistiikan hallinta	68
7.2	Suunnittelutyön tarkastelu.....	69
7.3	Toteutus.....	69
7.4	Jatkotutkimus	70
	Lähteet.....	72
	LIITE 1: Käyttötapaukset.....	75

LYHENTEET, TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Aikaikkuna	Ajanjakso, jonka alku- ja loppuhetken välillä jokin on mahdollista toteuttaa
CVRP	Capacited Vehicle Routing Problem, Ajoneuvon reititysongelma, joka ottaa huomioon kapasiteetti-vaatimukset
DARP	Dial-a-Ride Problem. Kuljetus, jossa kuljetetaan useita tuotteita joilla on eri kohde, kuten esimerkiksi linja-autokuljetus.
DCVRP	Distance Constrained Vehicle Routing Problem, Ajoneuvon reititysongelma, jossa on etäisyysrajoituksia.
EHK	Ensihoitokeskus on jokaisen sairaanhoitopiirin ensihoidosta vastaava keskus
ERICA	Suomen uusi vuonna 2015 käyttöön otettava valtakunnallinen hätäkeskustietojärjestelmä
ERVA	Sairaanhoidon erityisvastuualue, joihin Suomi on jaettu 5 yliopistollisen sairaalan mukaan
GPDP	General Pick-up and delivery problem,
HUS	Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri
HYKS	Helsingin yliopistollinen keskussairaala ja myös ERVA
HÄKE	Hätäkeskus
ID	IDentifier eli yksilöivä tunniste.
JavaFX	Komponenttikirjasto Java käyttöliittymien tekemiseen
JPG	tai JPEG, Joint Photographic (Expert) Group, on häviöllistä pakkausta käyttävä kuvien tallennusformaatti
Kansalaistehtävä	Ensihoidon kansalaistehtävät ovat hätäkeskuksen antamia tehtäviä
KELA	Kansaneläkelaitos
KSKS	Keski-Suomen keskussairaala
KSSHHP	Keski-Suomen sairaanhoitopiiri
KYS	Kuopion yliopistollinen sairaala ja myös ERVA

MCPDP	Multi Commodity Pickup and Delivery Problem. Kuljetus, jossa jokainen uniikki tuote noudetaan ja kuljetetaan haluttuun paikkaan
MDVRP	Multi-Depot Vehicle Routing Problem, Ajoneuvon reititysongelma usella jakelupisteellä
MVP	Model-View-Presenter-malli käyttöliittymän toiminnan toteuttamiseksi
Organisaatio	Esimerkiksi sairaalan, terveyskeskuksen tai hoitolaitoksen muodostama hallinnollinen kokonaisuus
PDP	Pick-up and Delivery Problem, Kuljetus nouto- ja toimitusongelmalla
PNG	Portable Network Graphics, kuvatiedostoformaatti, joka tulee häviötöntä pakkaamista
Potilaskuljetus	Potilaan kuljettaminen, katso potilassiirtokuljetus
Potilassiirto	Sairaanhoidossa tapahtuva potilaan siirtäminen esimerkiksi jatkohoitoon
Potilassiirtokuljetus	Kuljetustapahtuma potilassiirrossa. Vaatii lähes poikkeuksetta siirtokuljetusajoneuvoa
PSHP	Pirkanmaan sairaanhoitopiiri
QoS	Quality of Service, palvelunlaatu
SCPDP	Single-Commodity Pickup and Delivery Problem, Kuljetus, jossa nouto tai toimitus tapahtuu yhteen paikkaan, kuten esimerkiksi rahankuljetuksissa
SDS	Short Data Message, VIRVE-verkossa lähetettävä tekstiviestin kaltainen sanoma
SMS	Short Message Service, matkapuhelinverkossa lähetettävä tekstiviesti
SPIDER	Kaupallinen optimointiohjelmisto
SQL	Structure Query Language on standardoitu tietokantakyselykieli
TAYS	Tampereen yliopistollinen sairaala ja myös ERVA
TSP	Travelling Sales Person, Kauppamatkustajan ongelma
TUKA	Turvallisuustoimijoiden Karttajärjestelmä on poliisin, rajavartiolaitoksen, pelastustoimen ja hätäkeskusten yhteiskäyttöön tuleva karttajärjestelmä
Widgetti	Rajattu käyttöliittymän tai sovelluksen itsenäinen osa
VIRVE	Suomen viranomaisten radioverkko, joka pohjautuu TETRA-standardii

WMS	Web Map Service, standardi protokolla karttakuvien käsittelyyn
VRP	Vehicle routing problem, ajoneuvon reititysongelma
VRPBTW	Vehicle Routing Problem with Backhauls with Time Windows, Ajoneuvon reititysongelma, jossa on paluukyydit ja aikaikkunarajoitteet
VRPMT	Vehicle Routing Problem with Multiple Trips, Ajoneuvon reititysongelma, jossa ajoneuvo voi tehdä useita toimituksia täytön jälkeen
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickups and deliveries, Ajoneuvon reititysongelma, johon on liitetty noutoja ja toimituksia
VRPPDTW	Vehicle Routing Problem with Pickups and deliveries with Time Windows, Ajoneuvon reititysongelma noudoilla, toimituksilla ja aikaikkuna rajoituksilla
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows, Ajoneuvon reititysongelma aikarajoitteilla
Yksikkö	Esimerkiksi ambulanssi, joka hoitaa ensihoitotehtäviä. Voi myös olla organisaation sisäinen yksikkö, kuten vuodeosasto.

1 JOHDANTO

1.1 Potilassiirtokuljetukset ja logistiikan hallinnan tarve

Potilassiirrot ovat osa terveydenhuollon jokapäiväistä työtä. Potilassiirroilla taataan potilaan saavan tarvitsemaansa hoitoa, vaikka hoitava yksikkö tai organisaatio ei palveluita pystyisikään tarjoamaan. Potilassiirtoja tehdään organisaatioiden sekä organisaation sisäisten yksiköiden välillä. On hyvin tyypillistä, että potilaita siirretään sairaalassa sisäisesti esimerkiksi leikkaussalista vuodeosastolle ja vastaavasti muista hoitolaitoksista toisen yksikön erikoisosastoille. Tässä työssä potilassiirroilla kuitenkin tarkoitetaan lähinnä organisaatioiden välisiä potilassiirtokuljetuksia, jotka suoritetaan potilaskuljetuksiin soveltuvilla ajoneuvoilla, kuten esimerkiksi ambulansseilla tai takseilla.

Potilassiirtoja tapahtuu organisaatioissa päivittäin kymmeniä ja suurimmissa jopa satoja. Näiden potilassiirtojen joustava koordinointi on tärkeä tekijä hoidon jatkuvuuden turvaamisessa. Siirtoajat eivät saa venyä ja aikatauluissa on pysyttävä. Hoitotyössä on yleisesti käytössä niin sanotut kovat aikarajat, jolloin tiedetään milloin potilaalle on suunniteltu hoito tai operaatio. Tässä aikataulussa on pysyttävä. Potilaan on oltava ajoissa vastaanottamassa hoitoaan, sillä myöhästyminen saattaa tarkoittaa viikkojen uutta odottamista hoitojonossa tai potilaan terveyden vaarantamista. Siirrot voidaankin toteuttaa hyvissä ajoin ja sijoittaa potilas odottamaan hoitoaan vuodeosastolle. Suunnittelijan täytyy kuitenkin tietää tarkka hoidon tarve, jotta siirrosta ei aiheutuisi lääketieteellistä riskiä potilaalle.

Tarve potilassiirtokuljetusjärjestelmälle syntyi, kun uusi terveydenhuoltolaki astui voimaan toukokuussa 2011. Terveydenhuoltolaki poisti kuntarajat ensihoitopalveluista. Siirtymäaikaa annettiin vuoden 2012 loppuun. Kuntarajojen sijasta palvelut tulee toteuttaa alueittain, sairaanhoitopiireissä. Suomi on jaettu viiteen sairaanhoidon erityisvastuualueeseen ja 20 sairaanhoitopiiriin (Kuva 1.1). Tässä työssä esimerkkeinä käytetään HYKS-, KYS- ja TAYS-erityisvastuualueita sekä sairaanhoitopiireistä Pirkanmaan sekä Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirejä.

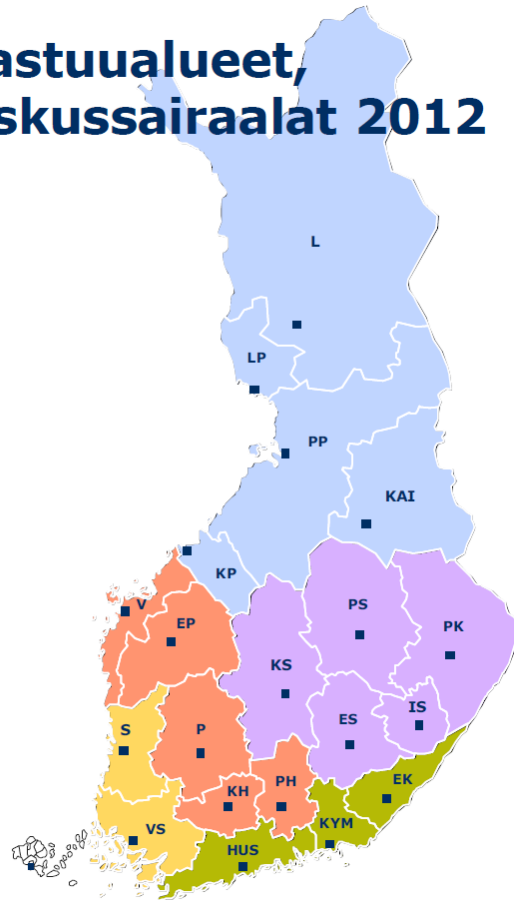
Uudistuksiin liittyi myös ensihoitokeskuksien (EHK) perustaminen sairaanhoitopiirien yhteyteen. Ensihoitokeskuksen tehtävänä on järjestää ensihoitolääkäripäivystystä, huolehtia kiireellisen ja kiireettömän ensihoidon järjestämisestä sairaanhoitopiirin alueella, käytännön potilasohjauksesta sekä tietyistä viranomaisradioverkkoon ja kenttäjärjestelmään liittyvistä tehtävistä. Myös erityisvastuualueen (ERVA) lääkärihelikopteritoiminta kuuluu ensihoitokeskuksen tehtäviin. Ensihoitokeskukset sijaitsevat usein yliopistollis-

ten sairaaloiden ja keskussairaaloiden yhteydessä. Esimerkiksi Pirkanmaan sairaanhoitopiirin ensihoitokeskus sijaitsee Tampereen yliopistollisen sairaalan (TAYS) yhteydessä.

Sairaanhoidon erityisvastuualueet, sairaanhoitopiirit ja keskussairaalat 2012

Sairaanhoidon erityisvastuualueet ja sairaanhoitopiirit:

- **HYKS erva**
Helsinki ja Uusimaa (HUS)
Etelä-Karjala (EK)
Kymenlaakso (KYM)
- **KYS erva**
Pohjois-Savo (PS)
Etelä-Savo (ES)
Itä-Savo (IS)
Keski-Suomi (KS)
Pohjois-Karjala (PK)
- **OYS erva**
Pohjois-Pohjanmaa (PP)
Länsi-Pohja (LP)
Lappi (L)
Kainuu (KAI)
Keski-Pohjanmaa (KP)
- **TAYS erva**
Pirkanmaa (P)
Etelä-Pohjanmaa (EP)
Kanta-Häme (KH)
Päijät-Häme (PH)
Vaasa (V)
- **TYKS erva**
Varsinais-Suomi (VS)
Satakunta (S)
- Keskussairaaloiden sijaintikunnat



Kuva 1.1: Sairaanhoidon erityisvastuualueet, sairaanhoitopiirit ja keskussairaalat 2012 (Kuntaliitto, 2012)

1.2 Tavoitteet ja osakokonaisuudet

Tämän diplomityön tavoitteena on potilassiirtokuljetusjärjestelmän logistiikan hallinnan suunnittelu käytettäväksi osana ensihoitokeskuksen ensihoitopalveluiden toteuttamista. Työssä tullaan tutkimaan kuinka tavarankuljetuslogistiikan optimointiteorioihin, jotta logistiikan hallinnan vaatimukset ja rajoitteet syventäisivät ymmärrystä potilassiirtokuljetusjärjestelmän osalta. Järjestelmän tulisi kyetä toimimaan sulavasti ja mahdollistaa helpon ja tehokkaan tavan logistiikan hallintaan. Järjestelmän logistiikan hallinta tarkoittaa potilassiirtokuljetuksen muodostamista ja muokkaamista kuljetustarpeiden perusteella. Suunnittelun lopputuloksena tulisi luoda prosessi, jolla siirtokuljetuksien tarpeista voitaisiin luoda potilassiirtokuljetuksia. Lisäksi sovelluksen avulla pystyttäisiin seuraamaan potilassiirtojen tilannekuvaa niin kattavuuden kuin toteutuvuudenkin näkökulmasta.

Työn osakokonaisuuksina on muun muassa tutkia teoriaa potilassiirroista sekä reitityksen ja logistiikan optimoinnin menetelmien hyödyntämisestä potilassiirtokuljetuksien

logistiikan hallinnassa. Matka-aikojen arvioimisessa ja reitityksessä hyödynnetään Hallinnon tietotekniikkakeskus Haltikin toteuttamaa Turvallisuustoimijoiden karttajärjestelmää (TUKA). TUKA:n on tarkoitus tulevaisuudessa olla poliisin, rajavartiolaitoksen, pelastustoimen ja hätäkeskusten yhteinen karttajärjestelmä, jota käytettäisiin lähes kaikissa sisäasiainhallinnon viranomaisten sovelluksissa.

Lisäksi potilassiirtokuljetuksen logistiikan hallinnalle tulisi luoda helppokäyttöinen käyttöliittymä. Sen avulla tulisi pystyä toteuttamaan kaikki järjestelmälle asetetut vaatimukset ja käyttötapaukset.

1.3 Diplomityön rakenne

Luvussa 2 käsitellään terveydenhuollossa tehtäviä potilassiirtoja. Siinä käsitellään potilassiirtojen merkitystä terveydenhuollolle sekä eri rooleja potilassiirtojen toteutuksessa. Lisäksi luvussa havainnollistetaan siirtokuljetuksien luokittelua, kohteita, kuljetusajoneuvoja sekä kustannuksia.

Reitityksen ja logistiikan optimointiteorioita käsitellään luvussa 3. Niiden avulla pyritään saamaan periaatteita ja ratkaisumenetelmiä logistisen hallinnan suunnittelulle. Luvussa on kuvattu eri optimointiongelmia ja niiden laajennuksia sekä kirjallisuudesta löytyneitä tutkimustuloksia optimointimenetelmistä ja -ohjelmistoista.

Luvussa 4 on kuvattu potilaskuljetuksien suunnittelua ja hallintaa. Siinä käsitellään nykyisiä menetelmiä, työkaluja ja tulevia muutoksi. Lisäksi pohditaan reitityksen ja logistiikan optimoinnin mahdollisia vaikutuksia potilassiirtokuljetuksiin.

Luvussa 5 käsitellään vaatimuksien merkitystä järjestelmän suunnitteluun. Vaatimuksien mukaiset käyttötapaukset ja käyttöliittymähahmotelmat esitellään luvun yhteydessä. Lisäksi luvussa kuvataan järjestelmän hallinnoitavia osia vaatimuksien pohjalta.

Potilassiirtokuljetuksien hallinnan toteutusta kuvataan luvussa 6. Siinä kuvataan käyttöliittymän eri osien toimintaa ja toteutusta sekä niiden merkitystä eri toiminnoille. Tämä toteutus pohjautuu luvussa 5 esitettyihin käyttötapauksiin ja käyttöliittymähahmotelmaan. Luvussa esitellään myös optimointiin liittyviä vaatimuksia, jotka vaikuttavat optimointiohjelmiston valintaan.

Työn yhteenveto esitetään luvussa 7. Siinä on pohdittu potilassiirtokuljetuksien logistiikan hallinnan merkitystä ja toteutusta, työssä tehdyn suunnittelutyön onnistumista sekä lisäksi tarkasteltu mahdollisuuksia tulevaisuuden jatkotutkimuksiin.

2 POTILASSIIRROT

Tässä luvussa tutkitaan potilassiirtoihin liittyen yleistä teoriaa, lakien ja säädösten tuomia vaikutuksia, toimijoiden rooleja ja ensihoitopalveluiden kustannuksia.

2.1 Potilassiirrot terveydenhuollossa

Potilassiirtojen koordinointi on tärkeää hoidon jatkuvuuden takaamiseksi. Potilassiirtoja tehdään silloin, kun hoitava organisaatio tai yksikkö ei pysty suorittamaan tarvittavaa hoitotoimenpidettä teknisten tai osaamisesta johtuvien rajoitteiden vuoksi (Hendrich & Lee 2005). Tällöin potilassiirtoja on tarpeen koordinoida, jotta siirroista ei aiheutuisi lääketieteellistä riskiä potilaalle. Potilassiirrot voidaanakin ajatella hoitosarjana, joka prosessiajattelun tavoin muodostuu eri tapahtumista. Potilassiirrot sisältävät siirron suunnittelun, interventioita (potilaan valmistelu siirtoa varten), itse siirtotapahtuman, hoidon, jonka vuoksi siirto tehdään, sekä hoidon jälkeisten jatkotoimenpiteiden arviointi. Siirron suunnittelussa ja valmisteluissa on tavoitteena varmistaa siirron onnistuminen ja tiedonvälitys, jotta esimerkiksi vastaanottava yksikkö on tietoinen siirrosta ja potilas valmiina siirtoon (Coleman et al. 2004a). Itse siirtotapahtuman keskeisiksi tekijöiksi voidaan määritellä suunnitteluvaiheen onnistuminen, arviointi, yhteistyö, tiedonsiirto, tehokas kommunikointi ja potilaskeskeisyys (Coleman et al. 2004a). Tiedonsiirto toteutetaan usein suullisesti, puhelimitse tai tietojärjestelmiä apuna käyttäen (Jauhiainen 2008). Sairaanhoitajat toimivat poikkeuksetta tiedon välittäjinä ja vastaanottajina (Boutilier 2007). Heikko tiedonsiirto voi aiheuttaa vaaratilanteen potilaalle väärin lääkemääräyksiä tai hoitotoimenpiteiden muodossa.

Ulkomaalaisessa kirjallisuudessa potilassiirroista käytetään termejä *healthcare transition*, *interhospital transfer*, *transitional care*, *discharge plan* tai *discharge/transition* (Chaboyer et al. 2005; Coleman et al. 2004a; Coleman et al. 2004b, Jauhiainen 2008 mukaan). Tässä työssä potilassiirroilla tarkoitetaan lähinnä organisaatioiden välisiä potilassiirtoja, jolloin ajoneuvoilla kuljetus on tarpeen. Tätä organisaatioiden välistä siirtotapahtumaa kuvaa parhaiten englanninkielisistä termeistä *healthcare transition* ja *transitional care*.

Potilassiirtojen suunnittelemattomuus aiheuttaa hoitavalle yksikölle odottamattomia kustannuksia, hoitoaikojen pitenemistä sekä pahimmassa tapauksessa potilaan terveyden heikentymistä tai jopa kuoleman (McGaughey 2007). Lisäksi suunnittelematon työ lisää hoitotyötä tekevien työn kuormittavuutta (Hurst 2005) ja joissain tapauksissa sairaanhoitajat saattavat olla epätietoisia rooleistaan hoitotyössä (Coleman et al. 2004b). Tämä

voi vaikuttaa hoitotyön tuloksiin heikentäen sen laatua (Ball 2003; McGaughey et al. 2007). Koska siirtotapahtuma on laaja ja siihen liittyy useita eri tekijöitä, ei kenelläkään siirtoon osallistuvista ole kattavaa kokonaiskuvaa siirtojen eri tapahtumista (Coleman et al. 2004b). Potilassiirron laatu riippuu hyvin pitkälti sen siirtoketjun jokaisen vaiheen toimista.

Potilassiirto voidaan ajatella osana hoitotyön prosessia (Lillrank & Liukko 2004). Tässä hoitotyön prosessi, tai hoitoprosessi, tarkoittaa käsitettä, jossa hoitoon liittyvät tapahtumat muodostavat kokonaisuuden. Potilassiirto on yksi tämän prosessin vaiheista. Tätä prosessiajattelua käytetään paljon teollisuudessa. Se antaa hyvän kokonaiskuvan toiminnasta ja antaa myös mahdollisuuden tarkastella tapahtumasarjan eri osia kokonaisuutena. Prosessille on helppoa laskea laadunmittauksessa käytettäviä muuttujia, kuten läpimenoaika, tietoja eri vaiheiden kestoista, mahdollisten pullonkaulojen esiintyminen kulussa tai käytettyjen resurssien suhde läpi menneisiin tuotteisiin (potilaisiin). Resursseja ovat esimerkiksi hoitajat ja hoitotilat. Läpimenoaikaan vaikuttavat niin suunnittelu, raportointi, odotusaika (hoitoon pääsy, toipuminen tai tutkimusvastaukset) kuin hoitoon käytetty aika. Potilassiirtojen vaikutus on näissä niin suunnittelussa kuin odotusajoissa. Hendrich ja Lee (2005) tutkivat potilassiirtojen kokonaisajan jakautumista. Tutkimuksessa kerrotaan, että vain 12.4 % siirtoihin käytetystä kokonaisajasta kului välittömään siirtotapahtumaan ja loput 87.6 % kului erinäiseen suunniteltuun tai suunnittelemattomaan odottamiseen. Odotusaikaan vaikuttaa hallinnollisiin tehtäviin kulunut aika (vuodepaikan etsiminen), epäselvyydet sijoituspaikoissa, resurssien vapautumisen odottaminen, sairaanhoitajien työn keskeytyminen toisen tapauksen vuoksi ja kommunikoinnista aiheutuvat odotukset. Lähes 90 % käytetystä ajasta ei tuo lisäarvoa potilassiirrolle potilaan näkökulmasta ja siitä voidaankin käyttää nimitystä *waste time* eli hukka-aika. Tässä työssä keskitytään kuitenkin välittömään siirtotapahtumaan ja sen suunnitteluun.

Lillrankin ja Liukon (2004) mukaan terveydenhuollon virallinen tavoite on hoitaa potilasta tieteellisesti tutkittujen ja hyväksyttyjen metodien avulla. Näiden metodien käyttöön on lisäksi hankittu tarvittava koulutus ja ammattitaito. Hoitomenetelmien pohjalta pyritään prosessin lopputuotteena saada aloitushetkeen verrattuna potilas, jonka elinennuste ja elämänlaatu ovat parantuneet. Näistä jälkimmäisen käyttäminen laadun mittarina on hyvinkin hankalaa, koska usein elämänlaadusta tietää vain potilas itse ja sille on hyvin vaikea asettaa mittaria. Yhdeksi laadun takeeksi he kuitenkin mainitsevat toimenpiteen toistamisen onnistuneesti. Prosessi voidaankin jakaa kolmeen eri kategoriaan: standardiprosessi, rutiiniprosessi sekä ei-rutiiniprosessi (Lillrank & Liukko, 2004). Näistä standardiprosessi voidaan ajatella jokapäiväiseksi toiminnaksi, joka voidaan toistaa päivästä toiseen. Se noudattaa määräyksiä ja poikkeamia esiintyy vähän. Standardia prosessia voidaankin pitää hyvin luotettava ja epävarmuus on pieni. Rutiinissa prosessissa toistokerrat voivat olla hyvin samanlaisia, mutta eivät täysin identtisiä. Tämä antaa varaa epävarmuudelle, jolloin myös virheiden todennäköisyys ja määrä kasvavat. Ei-rutiiniprosessi ei ole toistettavissa, jolloin epävarmuus on erittäin korkea ja epäonnistu-

minen todennäköistä. Kiireetön potilassiirto on näiden valossa standardiprosessi, koska se toistetaan lähes samankaltaisesti kerrasta toiseen ja sen päämääränä on potilaan jatkohoitoon siirtäminen.

2.2 Roolit potilassiirroissa

Sairaanhoitajan rooli on potilassiirroissa kuvattu useissa tutkimuksissa merkittäväksi (Coleman et al. 2004b; Schmid 2007). Sairaanhoitajat tuntevatkin olonsa usein täysin vastuullisiksi potilassiirtojen koordinoinnista (Watts et al. 2006). Sairaanhoitajan roolia voidaan kuvata *Nursing Role Effectiveness* –mallin avulla. Doran et al. (2002) esitteli tämän mallin, jossa sairaanhoitajan rooli on kuvattu itsenäiseksi (*Independent role*), riippuvaiseksi (*dependent role*) sekä keskinäisesti riippuvaiseksi (*Interdependent role*).

Itsenäiseen rooliin kuuluu vain sairaanhoitajalle tarkoitettuja tehtäviä, joista vain heillä on vastuu. Näitä kuuluu muun muassa potilaan arviointia, päätöksentekoa, interventioita ja seuranta. Riippuvainen rooli kuvastaa sairaanhoitajan tekemien päätelmien yhdistämistä lääketieteellisiin tehtäviin ja hoitoihin. Vastaavasti keskinäisesti riippuvainen rooli tarkoittaa sairaanhoitajan kykyä toimia yhdessä muiden hoitoon liittyvien henkilöiden kanssa. Tässä tärkeitä ovat sairaanhoitajan kommunikointi- ja yhteistyötaidot.

Vaikka sairaanhoitajalla on merkittävä rooli siirtoprosessissa, päätöksen organisaatiosta toiseen siirtämisestä tekee kuitenkin hoitava lääkäri. Sairaanhoitaja on usein se taho, joka alkaa lääkärin toimesta suunnitella ja koordinoita potilassiirtoa. Siirtotapahtumaan liittyy suuri joukko hoitotyön ammattilaisia, joista välttämättä kenelläkään ei ole kokonaisvastuuta tai -kuvaa siirrosta, vaan jokainen vastaa omasta osuudestaan siirrossa.

2.3 Potilassiirtojen luokitukset

2.3.1 Riskialueluokat

Sairaanhoidon erikoisvastuualueilla alueet voidaan jakaa riskialueluokkiin. Ensihoidon palveluhoitopäätöksessä on määriteltä ensihoitopalveluiden taso, saatavuus ja sisältö ensihoitopalveluun vastuualueella. Ensihoidon palveluhoitopäätös on asetettu terveydenhuoltolain (1326/2010) 41 ja 46 § nojalla. Palvelutasopäätös on laadittu riskianalyysiin, erilaisiin sairastumis- ja onnettomuusuhkien ja paikallisesti vaikuttavien terveydenhuollon tekijöiden pohjalta. Riskianalyysissä otetaan huomioon esimerkiksi alueen asukkaiden määrä, ikärakenne, liikenteelliset seikat ja onnettomuusriskit ja niistä aiheutuvien todennäköisten henkilövahinkojen määrä. (PSHP, 2012) Taulukko 2.1 esittää sosiaali- ja terveysministeriön tekemän ensihoitopalveluasetuksen mukaisia riskialueiden perusteita.

Taulukko 2.1: Riskiluokittelu STM:n ensihoitopalveluasetuksen 5 § mukaan

Riskialueluokka	Määritelmä
1	Enemmän kuin yksi ensihoitotehtävä vuorokaudessa
2	Vähemmän kuin yksi ensihoitotehtävä vuorokaudessa, mutta enemmän kuin yksi viikossa
3	Vähemmän kuin yksi ensihoitotehtävä viikossa, mutta enemmän kuin yksi kuukaudessa
4	Vähemmän kuin yksi ensihoitotehtävä kuukaudessa, jos alue on asutettu tai sen läpi kulkee kanta- tai valtatie
5	Alueella ei ole vakinaista asutusta

Jokainen sairaanhoitopiiri jakaa oman alueensa riskialueluokkiin. Esimerkiksi Pirkanmaan sairaanhoitopiirin (PSHP) alueella riskialueluokkia on viisi (Taulukko 2.2). Ensimmäiseen riskialueluokkaan ei kuulu kuin Tampere ja osa Nokiaa. Toiseen luokkaan kuuluu kymmeniä kuntia esimerkiksi Akaa, Nokia, Ikaalinen, Lempäälä ja Pirkkala. Riskialueluokat 3, 4 ja 5 kattavat haja-asutus- ja asumattomia alueita sekä alueita, joiden läpi kulkee vilkkaasti liikennöityjä kulkuväyliä. Vilkas tie lisää aina onnettomuusriskiä. (PSHP 2012)

Taulukko 2.2: Pirkanmaan sairaanhoitopiirin riskialueluokat (PSHP 2012)

Riskialueluokka	Määritelmä	Esimerkki
1	Yli 350 tehtävää vuodessa (yli 1 vuorokaudessa)	Suuren kaupungin keskusta
2	50 - 350 tehtävää vuodessa (vähintään 1 viikossa, mutta alle 1 vuorokaudessa)	Kaupungin asuinlähiö, pienen kaupungin keskusta
3	10 – 50 tehtävää vuodessa (vähintään 1 kuukaudessa, mutta alle 1 viikossa)	Maaseututaajama
4	< 10 tehtävää vuodessa, mutta alueella on vakituista asutusta tai kanta-/valtatie	Asuttu maaseutu
5	Asumattomat tai tieverkon ulkopuolella olevat alueet	Metsä, meri- tai järviolue, saari, johon ei mene tietä

2.3.2 Tehtävän kiireellisyysluokat

Ensihoitotehtävät voidaan jakaa kiireellisyyden mukaan neljään eri luokkaan. Nämä ovat A-, B-, C- ja D-kiireellisyysluokat (Taulukko 2.1). Kiireellisyysluokka määritellään hätäkeskuksessa tehtävän riskinarvion perusteella. Näistä luokista A on kaikkein kiireellisin, jolloin potilaalla on välitön hengenvaara ja tarvitsee nopeaa ensihoitoa. Kiireellisyys laskee järjestyksessä B, C ja D, jolloin D-kiireellisyysluokka on niin kutsuttu kiireetön tehtävä.

Taulukko 2.3: STM:n ensihoitopalveluasetuksen 6§ mukaiset ensihoitotehtävien kiireellisyysluokat

Kiireellisyysluokka	Määritelmä
A-luokan tehtävä	korkeariskiseksi arvioitu ensihoitotehtävä, jossa esi- tai tapahtumätietojen perusteella on syytä epäillä, että avuntarvitsijan peruselintoiminnot ovat välittömästi uhattuna
B-luokan tehtävä	todennäköisesti korkeariskinen ensihoitotehtävä, jossa avuntarvitsijan peruselintoimintojen häiriön tasosta ei kuitenkaan ole varmuutta
C-luokan tehtävä	avuntarvitsijan peruselintoimintojen tila on arvioitu vakaaksi tai häiriö lieväksi, mutta tila vaatii ensihoitopalvelun nopean arvioinnin
D-luokan tehtävä	avuntarvitsijan tila on vakaa, eikä hänellä ole peruselintoimintojen häiriöitä, mutta ensihoitopalvelun tulee tehdä hoidon tarpeen arviointi

Tässä työssä mainitut potilassiirrot ovat suurimmaksi osaksi D-tehtäviä, mutta myös C-tehtävät ovat mahdollisia. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri määrittelee nämä tehtävät omassa palvelutasopäätöksessään (Taulukko 2.4). (PSHP 2012)

Taulukko 2.4: Pirkanmaan sairaanhoitopiirin riskinarvion perusteella tehtävät kiireellisyysluokitukset

Kiireellisyysluokka	Riskinarvion perusteella potilaalla on:
A-luokan tehtävä	<ul style="list-style-type: none"> • välitön hengenvaara • peruselintoimintojen (hengitys, verenkierto, tajunta) vakava häiriö tai ilmeinen uhka sellaisesta • suurenerginen onnettomuus- tai vammautumismekanismi • arvioitu nopean kuljetuksen tarve • mahdollinen lääkäritasaisen ensihoidon tarve.
B-luokan tehtävä	<ul style="list-style-type: none"> • viitteitä tai epäily peruselintoimintojen häiriöstä tai uhasta • epäily vammautumisesta jonka oletetaan johtavan peruselintoimintojen häiriöön • arvioitu tarve perustasaisen ensihoidon lisäksi nopealle kuljetukselle.
C-luokan tehtävä	<ul style="list-style-type: none"> • peruselintoimintojen vähäinen tai lievä häiriö tai oire, jossa tilan huononeminen ei ole odotettavissa • ensihoidon arvion tai kuljetuksen ilmeinen tarve • matala riski eikä ensihoidon hoitotason hoidollisen valmiuden tarvetta • C-tehtävää ei tulisi jonouttaa, ellei siihen ole erityisiä perusteita • potilaan tavoittamisaika enintään 30 min, jos aika ylittyy, tulee tilannekohtaisesti tehdä uusi riskinarvio.
D-luokan tehtävä	<ul style="list-style-type: none"> • ei viitteitä peruselintoimintojen häiriöstä (suljettu varmuudella pois) • perustasaisen ensihoidon tehtävä • voidaan tarvittaessa jonouttaa • potilaan tavoitevasteaika enintään 2 h, jos aika ylittyy, tulee tilannekohtaisesti tehdä uusi riskinarvio.

Eri kiireellisyysluokille on määritelty tavoiteajat käyttämällä hyväksi tilastoja sekä reitityspalveluita. Esimerkiksi Tampereen keskustassa (riskialuealuokka 1) 70 % vasteajoista tulee pysyä alle 8 minuutin keskusta-alueesta huolimatta (Taulukko 2.5). Saman riskialuealuokan asukkaiden tulee saada yhdenvertaista palvelua alueella. Tavoiteaikojen saavuttamiseen liittyy läheisesti yksiköiden asemapaikat, joiden suunnittelun hoitaa ensihoitokeskuksen kenttäjohtaja.

Taulukko 2.5: Ensihoitopalvelun tavoittamisajat riskialueittain ja tehtäväkiireellisyysluokittain PSHP-alueella (PSHP 2012)

Riskialuealuokka	Tehtäväkiireellisyysluokat				
	A / B			C	D
	Vähintään hätäensiapuun pystyvä yksikkö*		Hoitotason yksikkö	Ambulanssi	Ambulanssi
	8 min	15 min	30 min	30 min	120 min
Luokka 1	70 %	75 %	70 %	75 %	80 %
Luokka 2	65 %	70 %	60 %	70 %	80 %
Luokka 3	60 %	60 %	60 %	65 %	80 %
Luokka 4	20 %	40 %	35 %	60 %	70 %
Luokka 5	Ei määritellä	Ei määritellä	Ei määritellä	Ei määritellä	Ei määritellä

* Hätäensiapuun pystyvä yksikkö on Pirkanmaan sairaanhoitopiirissä hätäkeskuksen käytettävissä oleva sopimuksiin perustuva pelastustoimen ensivasteyksikkö.

Vasteaikojen saavuttamisessa on sairaanhoitopiirien kesken vaihteluja. Edellisen taulukon (Taulukko 2.5) vastaavat arvot Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) alueella on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2.6):

Taulukko 2.6: Ensihoitopalvelun tavoittamisajat riskialueittain ja tehtäväkiireellisyysluokittain HUS-alueella (HUS 2011)

Alueen riskiluokka	Ensihoitotehtävän kiireellisyysluokka						
	A 8 min*	A 15 min*	A 30 min**	B 8 min	B 15 min	C 30 min	D 120 min
1	70 %	90 %	90 %	60 %	85 %	90 %	90 %
2	60 %	90 %	90 %	55 %	85 %	90 %	90 %
3	45 %	85 %	90 %	45 %	80 %	85 %	90 %
4	25 %	70 %	85 %	25 %	60 %	80 %	85 %
5	-	-	-	-	-	-	-

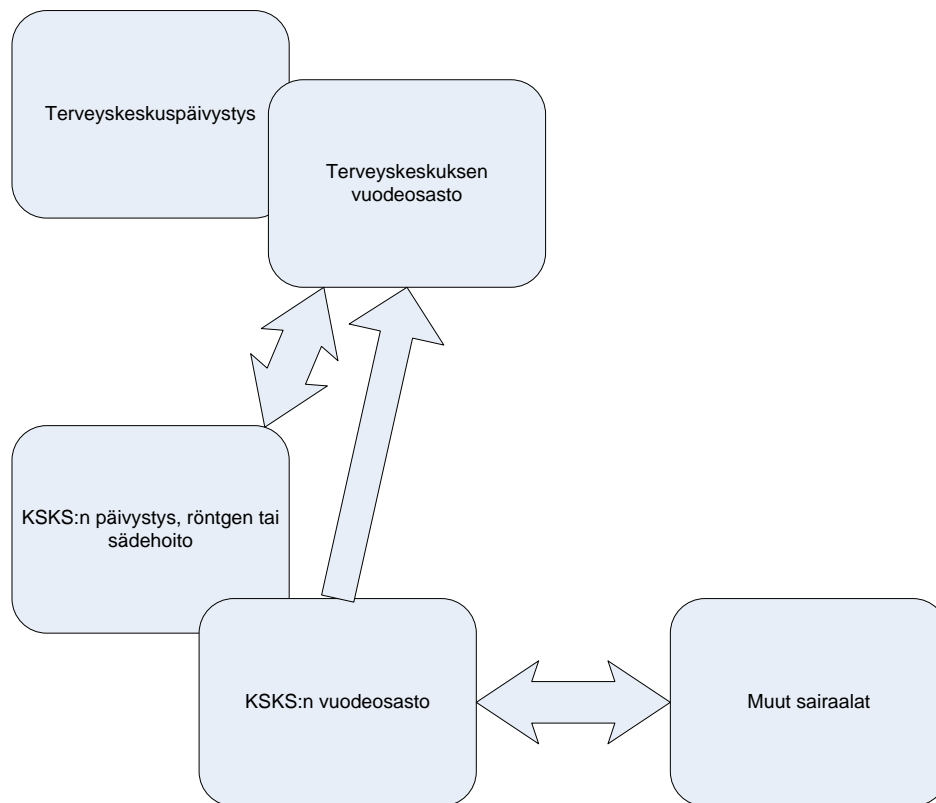
* ensimmäinen yksikkö kohteessa

** hoitotason yksikkö kohteessa (A-tehtävät)

Yllä esitettyjä taulukoita vertailemalla voidaan huomata, kuinka vilkkaammin asutetulla HUS-alueella esimerkiksi tavoite D-tehtävien tavoitettavuudelle on hieman PSHP:n vastaavia korkeampi.

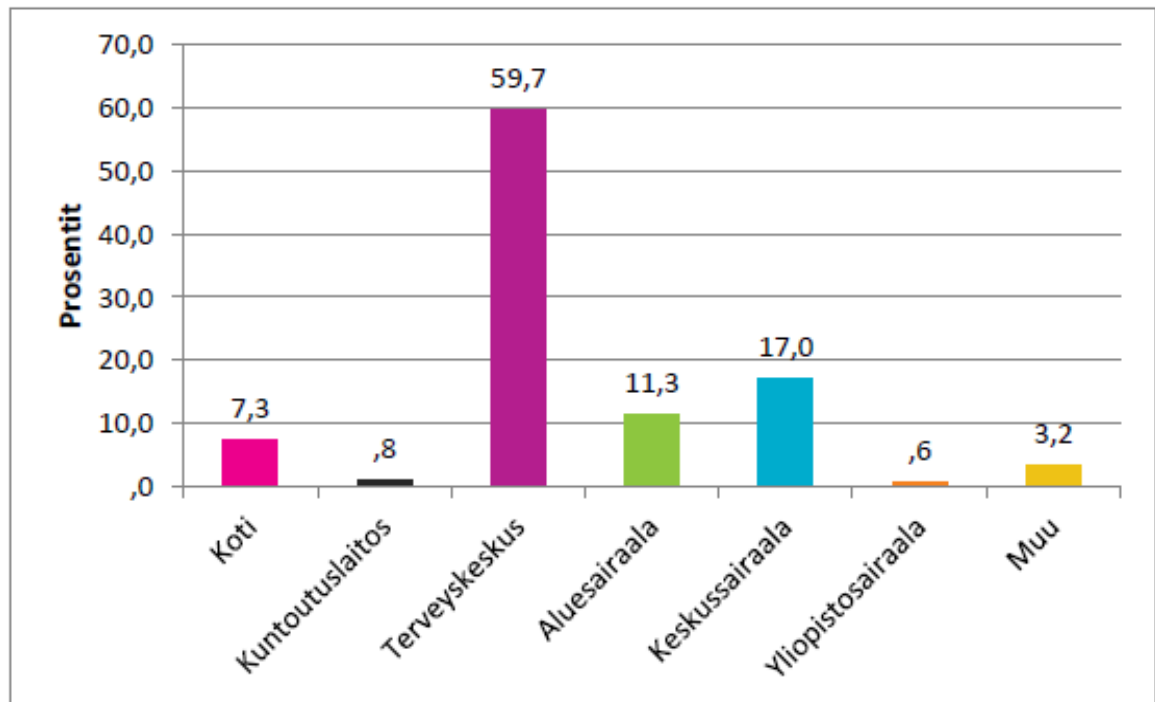
2.4 Siirtokuljetuksien kohteet

Siirtokuljetuksia tapahtuu useisiin eri kohteisiin. Esimerkiksi Keski-Suomen keskussairaalaan (KSKS) päivystykseen, röntgeniin ja sädehoitoon saapuu potilaita sairaanhoitopiirin terveyskeskuksista (Kuva 2.1). Lisäksi siirtokuljetuksia tapahtuu myös keskussairaalaan takaisin terveyskeskuksiin. Keskussairaalan vuodeosastolta voidaan siirtää potilaita muille vuodeosastoille tai sairaaloihin. (Lintu 2012)



Kuva 2.1: Esimerkkejä siirtokuljetuksien kohteista (Lintu 2012)

Kuopion yliopistolliselle sairaalalle (KYS) tehdyssä tutkimuksessa yli 98 % KYS:stä pois tehdyissä siirroista olivat siirtoja jatkohoitoon. Yhden prosentin osuus oli siirtoja kuntoutukseen. (Ahonen & Kuura 2012) Useimmat KYS:stä tehdyistä siirroista tehdäänkin terveyskeskuksiin. (Kuva 2.2). Kuvaajasta nähdään, että lähes kaksi kolmesta KYS:stä pois tehdyssä potilassiirtokuljetuksesta tehtiin terveyskeskuksiin. Keskus- ja aluesairaaloihin siirrettiin lähes kolmannes potilaista (28,3 %). Myös kuljetukset kotiin tai palvelukoteihin näkyivät tilastoissa hieman yli 7 % tilasto-osuudella.

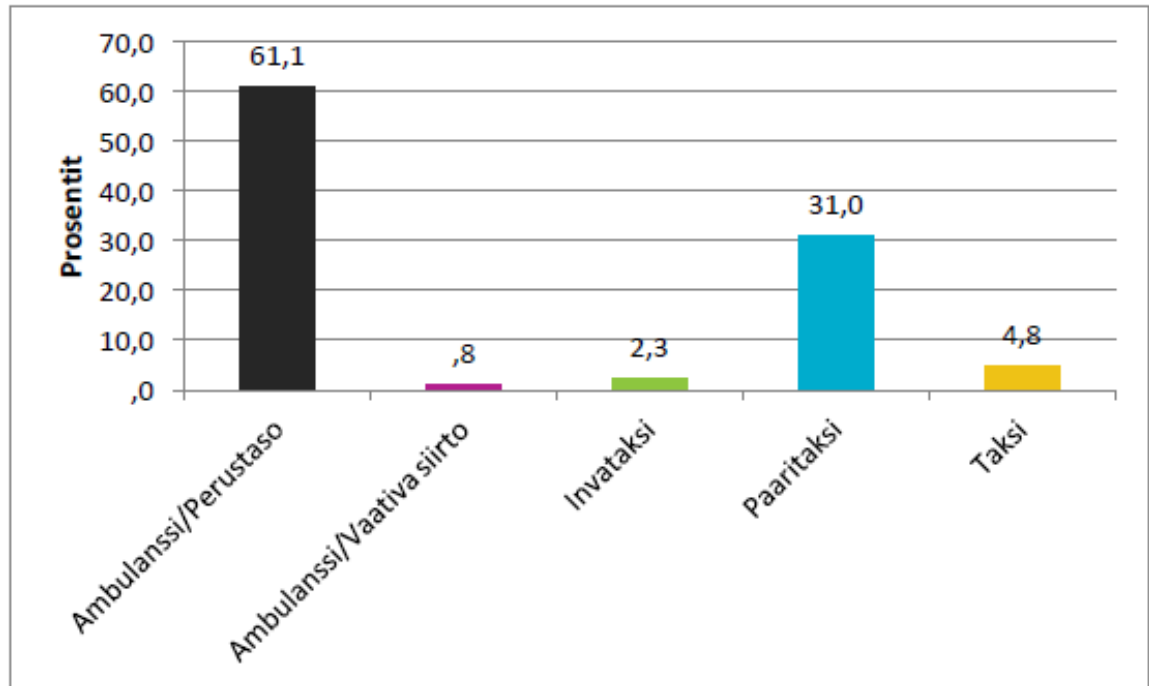


Kuva 2.2: Kuopion yliopistollisen sairaalan siirtokuljetuksien siirtopaikat (Ahonen & Kuura 2012, s. 31)

2.5 Käytössä olevia kuljetusajoneuvoja

Siirtokuljetuksia tehdään lukuisilla eri kulkuneuvoilla. Näitä kuljetusajoneuvoja ovat muun muassa ambulanssi, invataksi, paaritaksi ja taksi. Lisäksi harvinaisempiin siirtoihin voidaan käyttää helikoptereita, veneitä tai moottorikelkkoja tilanteiden ja maasto-olosuhteiden niin vaatiessa. Kiireettömien potilaskuljetusten ohjausta hoitavalla ensihoitokeskuksen ajojärjestelijällä tai kenttäjohtajalla on tieto käytettävissä olevista resursseista, kuten ajo- ja kulkuneuvoista. Lisäksi hätäkeskuksella on ohjattavissa ensisijaisesti kansalaistehtäviin sidottuja yksiköitä. Esimerkiksi KSSH alueella on 32 ambulanssia, joista hätäkeskuksella on ohjattavana 16 ja ensihoitokeskuksella 16. Hätäkeskuksella on kuitenkin mahdollisuus ohjata myös ensihoitokeskuksen alaisia yksiköitä. Tästä huolimatta sairaanhoitopiirin alaisuudessa on 9 yksikköä, joille hälytyskeskus ei anna kansalaistehtäviä, mutta ne voivat saada tehtäviä muun muassa paluukyyteihin päivystyksien välillä. (Lintu 2012)

Kuopion yliopistolliselle sairaalalle (KYS) tehdyn tutkimuksen (Ahonen & Kuura 2012) tuloksien mukaan (Kuva 2.3) suurin osa siirroista tehtiin ambulanssilla. Lisäksi kuljetuksen ajaksi potilaalle makuupaikan tarjoava paaritaksi oli käytössä lähes joka kolmannessa siirroissa. Kuljetusajoneuvo valitaan usein potilaan tilan mukaan. Ambulanssilla on mahdollisuus tarjota kuljetuksen ajaksi sekä hoitoa, että potilaan tilan seuranta. Sekä ambulanssia että paaritaksia käytetään siirroissa, joissa potilaan kuljettaminen istuma-asennossa ei ole potilaan tilan kannalta kannattavaa.



Kuva 2.3: Kuljetusajoneuvojen käyttöaste (Ahonen & Kuura 2012, s. 33)

Ambulanssien käyttö potilassiirtokuljetuksissa on perusteltua, kun potilas on kriittisesti sairas tai muuten elintoiminnot vaativat seuranta matkan aikana. Lähes puolet ambulansseilla tehtävistä potilassiirtokuljetuksista on arvioitu pystyttävän toteuttamaan muilla kuljetusajoneuvoilla (Lintu 2012). Tällöin ambulanssit voitaisiin vapauttaa kansalais-tehtävien käyttöön.

Kuljetusajoneuvojen suunnittelulla on suuri merkitys potilassiirtokuljetuksien toteutamisessa. Helsingistä Suomenlinnaan matkalla ollut ambulanssi ei päässyt autolautalle (HS, 2013). Ambulanssin oli tarkoitus hakea Suomenlinnasta ennalta suunnitellusti potilas dialyysihoitoihin. Normaalisti ambulanssit kulkevat Suomenlinnaan huoltotunnelin kautta, mutta nyt huoltotunneliin mahtuvaa kalustoa ei ollut käytössä. Ambulanssilla on lupa päästä lautoille hälytysajossa, mikäli hätävilkut ovat päällä (HS, 2013d). Kyseinen ambulanssi ei kuitenkaan ollut hälytysajossa vaan kyseessä oli ennalta suunniteltu kiireetön potilassiirto. Tilanteesta olisi välttytty oikealla kuljetusajoneuvojen hallinnalla.

2.6 Potilassiirtojen kustannukset

Ensihoitopalveluiden kustannusrakenne on suurelta osin alueesta riippumatta hyvin samanlainen. Esimerkkinä voidaan käyttää Pirkanmaan sairaanhoitopiirin ensihoitopalveluiden kustannuksia, jotka on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2.7). Taulukosta huomataan, että kiireettömien potilassiirtojen osuus PSHP:n ensihoitopalveluiden kustannuksista on lähes 1,4 miljoonaa euroa, joka on 8,7 % koko nettokustannuksista. Kiireettömien potilaskuljetuksien kustannukset koostuvat toteutuneista siirroista.

Taulukko 2.7: Pirkanmaan sairaanhoitopiirin alueen ensihoitopalveluiden nettokustannuksia (PSSHP 2012)

Alue	Väestö	Ensivaste- tehtävät	Kiireellinen ensihoito- palvelu	Ensihoito- keskus	Kiireetön potilassiirto- kuljetus	Yhteensä
Pirkanmaan sairaanhoitopiiri	514 582	514 350	11 063 755	2 442 631	1 378 675	15 913 993
Osuus kustannuksista			69,5 %	15,3 %	8,7 %	

Yllä esitetyissä nettokustannuksissa ei ole otettu huomioon KELA-korvauksia tai vakuutusyhtiöiden korvauksia ja omavastuita. Bruttokustannukset nousevat arviolta 22,8 miljoonaan euroon.

Kustannuksista valtaosa muodostuu henkilöstö- ja kalustokustannuksista. Niiden osuus kaikista kustannuksista on arvioitu olevan jopa 90 %. Yhden ympärivuorokautisessa lähtövalmiudessa olevan hoitotason ambulanssin kokonaiskustannukset voivat nousta jopa 520 000 – 640 000 euroon riippuen kalustosta ja henkilöstöstä. (HUS 2012) Tämän vuoksi kiireettömien D-tehtävien hoitaminen ambulansseilla on kustannuksiltaan kallista.

Ensihoidon palveluita tuotetaan niin omatuotantona, yhteissopimuksella pelastuslaitoksen kanssa tai tilaamalla ne yksityiseltä sektorilta. Näiden välisiä kustannusvaikutuksia ei ole vielä pystytty osoittamaan, sillä palveluiden järjestämisvastuu on ollut hajautettuna eri kunnille. Jatkossa kustannukset voidaan kerätä vastuussa olevan sairaanhoitopiirin toimesta, jolloin kustannuksien syvempi tarkastelu on mahdollista. (HUS 2012)

3 REITITYKSEN JA LOGISTIIKAN OPTIMOINTITEORiat

Tässä luvussa tutkitaan mahdollisuutta ratkoa potilassiirtokuljetusjärjestelmän logistiikan hallinnan ongelmia käyttämällä tunnettuja logististen optimointiteorioiden ratkaisuja. Niiden tuntemus auttaa ymmärtämään logistisen suunnittelun tarpeita ja toteutusta.

3.1 Reititys, optimointi ja ratkaisuteoriat käsitteenä

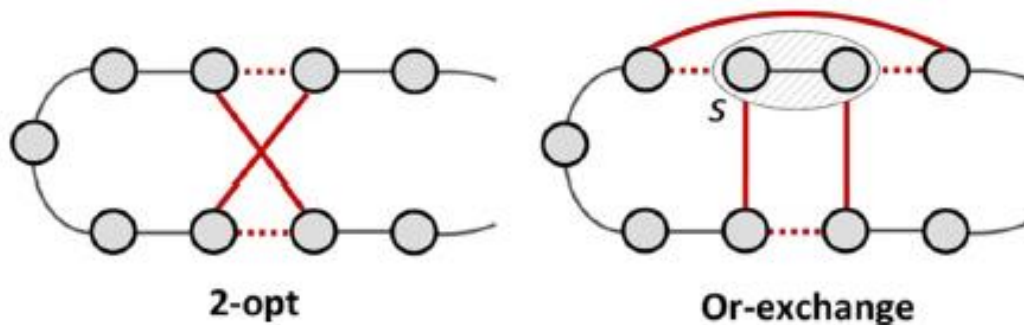
Suomalaisyriyten logistiikkakustannukset ovat olleet lievässä nousussa viime vuosina. Suomalaisyriyten logistiikkakustannukset vuonna 2011 keskimäärin 12.1 % liikevaihdosta ja kasvua edellisvuoteen oli 0,2 prosenttiyksikköä (Liikennevirasto, logistiikkaselvitys 2012). Suomen liikenneministeriö mainitsikin jo vuoden 2009 raportissaan logististen kuljetuksien kustannusten laskun olevan yksi tärkeimmistä kohteista kehitykselle. Nykyisin logistiikkasuunnittelusta osa toteutetaan automaattisesti tietokonepohjaisesti, mutta silti merkittävämpi osa on käsin tehtävää manuaalista suunnittelua. Automaattisoidujen ratkaisuiden apu onkin ollut lähinnä päätöksien ja ratkaisuiden löytämisessä. (Puranen T. 2011)

Optimoinnin tarkoituksena on yleensä pyrkiä etsimään ja löytämään paras ratkaisu tai toimintaperiaate. Logistiikan kannalta optimoinnilla on suuri merkitys, sillä sen avulla on arvioitu saavutettavan merkittäviä säästöjä. Nämä säästöt eivät rajaudu vain rahalliseen arvoon vaan myös ympäristövaikutuksiin, turvallisuuteen ja ruuhkien välttämiseen. Bräysy (2007) arvioi, että logististen operaatioiden optimointi on ainoa tapa säilyttää suomen kilpailukyky tulevaisuudessa. (Bräysy 2007)

3.2 Heuristiset ja metaheuristiset menetelmät

Logistiikan optimointi koskee niin kaluston valintoja kuin sopivien teknisten apuvälineiden ja reittivalintojen löytämistä. Tämä ei kuitenkaan todellisuudessa ole niin helppoa kuin miltä kuulostaa, sillä optimointiratkaisuiden yhdistäminen tosielämän tilanteisiin on usein vaikeaa ja optimaalisen ratkaisun löytäminen voi olla lähes mahdotonta. Ratkaisuja voi joissain tilanteissa olla lähes ääretön määrä. Tämän tilanteen helpottamiseksi käytetään heuristisia optimointimenetelmiä. Heuristiset optimointimenetelmät pyrkivät rajaamaan ratkaisujen määrää ja löytämään lähellä optimia olevan ratkaisun. (Bräysy 2007)

Heuristiset optimointimenetelmät jaetaan usein niin sanottuihin rakentamis- (*constructive*), parantamis- (*local-improvement*) ja metaheuristisiin (*metaheuristic*) menetelmiin (Bräysy 2007, Vidal et al. 2013). Rakentamismenetelmällä reitti pyritään luomaan käyttämällä niin sanottuja *ahneita* menetelmiä (*greedy methods*). Eräänä esimerkkinä tällaisesta menetelmästä voidaan mainita *lähin naapuri* menetelmä, joka pyrkii yhdistämään lähinnä päätepistettä olevan asiakkaan reittiin ja näin ollen uudeksi päätepisteeksi. (Bräysy 2007) Kuitenkin yksi kirjallisuudessa eniten käytetyistä menetelmistä on Clarken ja Wrightin säästämismenetelmä. Siinä ratkaiseminen aloitetaan alkuratkaisusta s_0 , jossa jokaista asiakasta palvellaan eri reitillä. Tämän jälkeen ratkaisussa yhdistetään kaksi reittiä i ja j niin, että kuljetussa matkassa saadaan mahdollisimman suuri säästö $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$. (Vidal et al. 2013) Rakentamismenetelmällä päästään usein noin 30 – 50 % päähän optimaalisimmasta ratkaisusta. Rakentamismenetelmällä löydettyjä ratkaisuja voidaan usein parantaa parantamismenetelmillä. Siinä reittiin tehdään pieniä muutoksia esimerkiksi vaihtamalla kaksi pistettä keskenään ja kokeilemalla mahdollisia kombinaatioita. Parantamismenetelmällä päästään usein yli 10 % päähän optimista. (Bräysy 2007) Kirjallisuudessa paljon käytettyjä vaihto-operaatiota käyttäviä parantamismenetelmiä ovat 2-opt- ja Or -menetelmät (Kuva 3.1). Kuvassa katkoviivalla esitetyt reitit korvataan punaisella merkityillä kiinteillä reiteillä, joiden tuloksena saatuja ratkaisuja verrataan jo olemassa olevaan parhaaseen ratkaisuun. (Vidal et al. 2013)



Kuva 3.1: Parantamismenetelmän 2-opt ja Or-menetelmät (Vidal et al. 2013)

Edellä esitetyissä rakentamis- ja parantamismenetelmissä päästiin ratkaisuun, joka ei ole optimaalinen, mutta sen parantaminen kyseisten menetelmien avulla ei ole enää mahdollista. Tämän tilanteen helpottamiseksi on kehitetty metaheuristisia menetelmiä. Näillä metaheuristisilla menetelmillä luodaan ohjesääntöjä, jotka ohjaavat rakentamis- ja parantamismenetelmiä, jotta saataisiin parempia, optimaalisempia ratkaisuja. Esimerkkinä voidaan mainita ratkaisuja huonontavien reittivalintojen hyväksyminen tietyin ehdoin. Näiden menetelmien huonona puolena onkin pidetty niiden hitautta ja näin ollen sopimattomuutta nopeita ratkaisua vaativiin optimointiongelmiin. (Bräysy 2007) Optimointimenetelmien valinnan vaikutuksesta järjestelmään käsitellään aliluvussa 3.7.

3.3 Optimointiongelman määrittäminen

Optimointi on apuväline päätösten tekemiselle. Optimointi on tullut yhä tärkeämmäksi menetelmäksi rakenteiden ja prosessien monimutkaisten ongelmien ratkaisussa (Williams P., 2013). Klassinen malli päätöksen tekemiseen koostuu kolmesta perusaskelsta: ongelman määrittäminen, ongelman ratkaisu ja ratkaisun hyödyntäminen käytännössä. Optimoinnissa näistä vaiheista ongelman määrittäminen voidaan jakaa edelleen kahteen osaan: ongelman muotoiluun ja ongelman mallintamiseen (Puranen 2011).

Ongelman muotoilu käsittää ongelman suunnitteluun liittyvien kysymysten tunnistamisen, erilaisten kriteerien määrittämisen ongelman ratkaisun suunnittelulle sekä valitun ratkaisun rajaamiseen. Ongelman muotoilu voi sisältää pelkästään yksinkertaisten tavoitteiden asettamista tai ongelman rajaamista. Nämä voidaan usein esittää yksinkertaisina matemaattisina kaavoina tai esittämään esimerkiksi kuvaajia käyttämällä. Ongelman muotoiluun vahvasti liittyviä käsitteitä ovat päätökseen liittyvät muuttujat (*decision variables*), tavoitefunktiot (*objective functions*) ja rajoitteet (*constraints*). Näillä käsitteillä on yhteys tosielämän kysymyksiin, joihin ongelman ratkaisulla pyritään saamaan vastauksia, kriteereihin, jotka arvioivat ratkaisua sekä rajoihin, jotka rajaavat hyväksyttävän ratkaisun. (Puranen 2011)

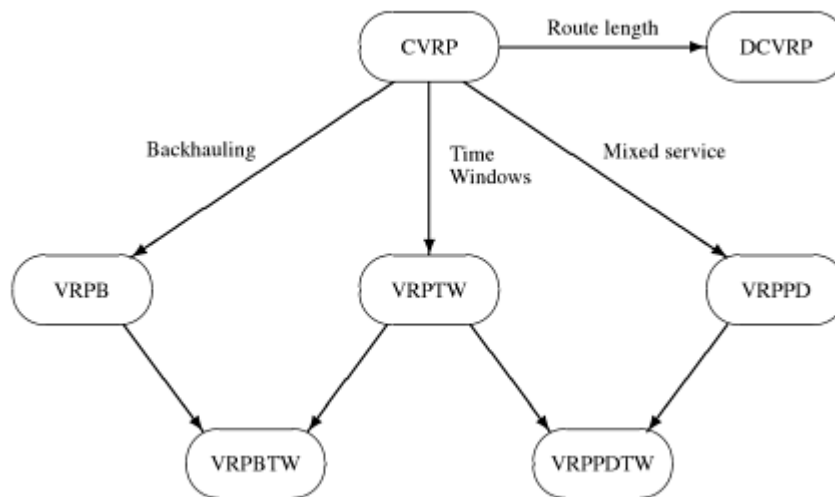
Optimointiongelman muotoilussa on myös omat rajoitteet ja haastavuudet, minkä vuoksi niiden käyttöä tosielämän ongelmien ratkaisemiseksi on pidetty varsin haastavana. Tosielämässä ongelmiin liittyy usein lukuisia konflikteja kriteereissä tai rajoitteissa, epätarkkuutta tiedoissa, vaikeita näkökulmia ja tavoitteita määriteltäviksi sekä ongelman muotoilu siten, että ratkaisu olisi mahdollisimman robustinen eri ongelmien suhteen (Williams P. 2013). Näiden rajoitteiden ja ongelmien välttämiseksi tai lieventämiseksi voidaan tehdä paljonkin. Interaktiivinen rajapinta on hyvä tapa saada reaaliaikaista tietoa mallien ja optimointituloksien tutkimisella ja muokkaamisella päätöksenteossa (Puranen 2011). Robustisuuden lisääminen on mahdollista esimerkiksi asettamalla suurempia aikaikkunoita, joka on mahdollista antaa käyttäjän tehtäväksi rajapinnan kautta. Esimerkiksi reitityksessä kuljetusten jakaminen ajoneuvoille tehdään yleisimpien rajoitteiden, kuten kuljetuskapasiteettien ja aikaikkunoiden, pohjalta. Lisäämällä tämän kaltaisia rajoitteita ja tekijöitä saadaan mallista monimutkaisempi ja toivottavasti lähempänä todellisuutta oleva. Kuitenkin on mahdotonta ottaa huomioon kaikkia näkökulmia ja tekijöitä optimoinnin muotoilussa, koska lähes aina todellisuus eroaa mallinnuksesta.

Reitinoptimointijärjestelmien huonoutena on pidetty niiden huonoa robustisuutta, sillä jokainen eri kuljetusala, ja jopa eri kuljetustapahtuma, eroavat toisistaan ja tällöin yleisesti määritellyn parhaan menetelmän löytäminen on haasteellista (Puranen T, 2011). Optimointialgoritmien muokattavuus eri sovellusalueille on ajateltu olevan ratkaisu tähän ongelmaan ja se onkin herättänyt mielenkiintoa sovellustoimittajissa.

3.4 Reititysongelmien käyttö ratkaisun tukena

Ajoneuvon reititysongelma (Vehicle Routing Problem, VRP) on nimensä mukaisesti kulkuneuvon reititykseen liittyvä ongelma, jonka ratkaisua käytetään tehokkaan reitityksen suunnittelussa. VRP:ssä joukko kulkuneuvoja reititetään asiakkaiden luo käyttäen hyväksi kulkuneuvojen ja reittien tuomia rajoitteita, kuten koko-, aika- ja kapasiteettirajoitteita (Toth P. & Vigo D., 2002). Reititykselle olennaista on optimointi esimerkiksi ajan tai kustannuksien mukaisesti. VRP on osoittautunut hyväksi menetelmäksi mallintaa tosielämään liittyviä tilanteita ja ongelmia. Tietokoneiden käyttäminen laskennassa antaa mahdollisuuden käsitellä suuren määrän laskelmia, jotka tukevat tehtäviä päätöksiä. Näiden laskelmien saavuttaminen manuaalisesti ihmisen laskemana on lähes mahdotonta ja ennen kaikkea aikaa kuluttavaa. Useat tutkimukset vuosittain osoittavat tietokonepohjaisesti lasketun VRP:n tuovan kustannustehokkuutta, tehokkuutta suunnitteluun, ympäristöhyötyjä ja laatua. Erimerkiksi tuhannen asiakkaan ja 50 kulkuneuvon ongelman ratkaisu voidaan saavuttaa minuuteissa (Puranen 2011).

Ajoneuvojen reititysongelmalla on useita eri laajennoksia (Kuva 3.2). Näitä laajennoksia on listattu taulukossa 3.1. Laajennoksia käsitellään enemmän aliluvussa 3.6.



Kuva 3.2: Ajoneuvon reitityksen perusongelmat, laajennokset ja niiden yhteydet (Toth & Vigo, 2002)

Taulukko 3.1: Ajoneuvon reitityslaajennoksia selityksineen

Lyhenne	Laajennos	Kuvaus
CVRP	Capacitated Vehicle Routing Problem	VRP rajoitetuilla kapasiteeteilla
DCVRP	Distance Constrained Vehicle Routing Problem	VRP etäisyysrajoitteilla
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauls	VRP paluukyyteineen
VRPTW	Vehicle Routing Problem with Time Windows	VRP aikarajoitteilla
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickup and Deliveries	VRP noudoilla ja toimituksilla
VRPBTW	Vehicle Routing problem with Backhauls with Time Windows	VRP paluukyyteineen ja aikarajoitteineen
VRPPDTW	Vehicle Routing Problem with Pickup and Deliveries with Time Windows	VRP noudoilla ja toimituksilla aikarajoitteineen

Aihealueena reititys on melko yksinkertainen ja kompakti ja sen teoria on hyvin tunnettu (Toth P. & Vigo D., 2002). Sen vuoksi sitä onkin tehty paljon tutkimuksia ja kaupallisia reitityspalveluita tarjoavia toimijoita on markkinoilla runsaasti. Kuitenkin reitityksen toteutuksen valinta on hyvin tapauskohtaista ja toimivan ratkaisun löytäminen ei ole usein helppoa. Reititysalgoritmien toteutus vaatii hyvää tuntemusta niin mallien kuin algoritmienkin hallinnasta. Reititysalgoritmeja etsiessä tai suunniteltaessa on hyvä valita mittareita, kuten esimerkiksi kustannustehokkuus (Puranen 2011). Tällöin algoritmin tulisi pystyä ratkaisemaan sille annettuja erinäisiä toisistaan poikkeavia reititysongelmia antaen mahdollisimman kustannustehokkaita vaihtoehtoja ratkaisulle. Tämä voitaisiin tehdä myös esimerkiksi ajan suhteen, jolloin mahdollisimman vähän aikaa vievä ratkaisu olisi paras.

VRP muodostuu useista eri tekijöistä, joita ovat

- mallinnuskieli (*modelling language*),
- metamalli (*metamodel*),
- mallinnuskehys (*modelling framework*) ja
- sovelluskehys (*software framework*).

Viimeisenä mainitun sovelluskehysten tulisi luoda tarvittava robustisuus, jolloin ongelmatilanteista selvittäisiin pelkällä parametrien säätämällä, eikä toteutusta tarvitsisi muuttaa. Mallinnuskehykselle hyvänä ominaisuutena voidaan mainita sen mahdollisuus muuttaa reititysongelma geneeriseksi optimointimalliksi, jonka tulisi toimia mahdollisimman monessa ongelmatilanteessa. Optimointimallien ei tulisi muuntaa ratkaisussa

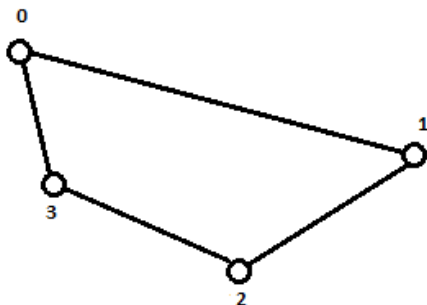
käytettäviä input-parametritietoja käyttökelvottomiksi ja optimointialgoritmia tulisi pystyä hyödyntämään uudelleen. Parasta onkin toteuttaa yksi mallinnusjärjestelmä, joka on kykenevä mallintamaan lukuisia VRP:n variaatioita ja laajennoksia ilman toteutuksen muuttamista. Lisäksi valittu sovelluskehys antaa mahdollisuuden luoda työkalun, jolla pystytään ratkomaan tapauskohtaisia ongelmia. Sovellus on työkalu mallin esittämiseen ja käyttöön. (Puranen 2011)

3.5 Logistiikan suunnittelun optimointiongelmat

Logistiikan suunnittelun optimointiongelmien tunteminen on välttämätöntä, jotta potilassiirtokuljetusjärjestelmälle voitaisiin luoda prosessi siirtokuljetuksien hallintaan.

3.5.1 Kauppamatkustajan ongelma

Klassinen erimerkki reititysongelmasta on kauppamatkustajan ongelma (Travelling Salesman problem, TSP), jossa yksi myyntimies kiertää tarkalleen yhden kerran joukon paikkoja ja palaa takaisin lähtöpisteeseensä (Mladenović et al. 2013) (Kuva 3.3). Vaikka TSP vaikuttaa hyvin yksinkertaiselta tapaukselta, voidaan se hyvinkin nähdä relevanttina tapauksena kaikkeen reititykseen. TSP on jättänyt jälkensä myös moderneihin reititysratkaisuihin. Näissä usein ongelman kuljetuille reiteille asetetaan kustannukset, jolloin kustannuksen ollessa 1 siirtymä kuljetaan ja vastaavasti kustannuksen ollessa 0 ei kuljeta (Puranen 2011).



Kuva 3.3: Kauppamatkustajan ongelman ratkaisu

TSP on mahdollista kuvata matemaattisena ratkaisuna. TSP ongelmassa määritellään käytettävä joukko kohteita $K = \{1, \dots, n\}$. Päätöksentekoa kuvaavat muuttujat x_{ij} ja y_i . Näistä x_{ij} saa arvon 1, jos kauppamatkustaja kulkee pisteestä $i \in L$ pisteeseen $j \in L$ ja muulloin arvon 0. Muuttuja y_i kuvaa paikan i järjestysnumeroa reitillä. Matkakustannus paikasta i ja j kuvataan muuttujalla $\psi_{ij} \geq 0$. Muuttuja B on joukko arvoja $\{0, 1\}$. Oletuksena on, että kaikki siirtymät kohteiden välillä ovat mahdollisia.

$$\min \sum_{i \in L} \sum_{j \in L} \psi_{ij} x_{ij}, \quad (1)$$

jossa

$$\sum_{j \in L} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in L, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in L} x_{ij} - \sum_{j \in L} x_{ji} = 0, \quad \forall j \in L, \quad (3)$$

$$x_{ij}(y_i + 1 - y_j) = 0, \quad \forall i \in L, \forall j \in L \setminus \{0\}, \quad (4)$$

$$y_0 = 0, \quad (5)$$

$$x_{ij} \in \mathbf{B}, \quad \forall i \in L, \quad \forall j \in L, \quad (6)$$

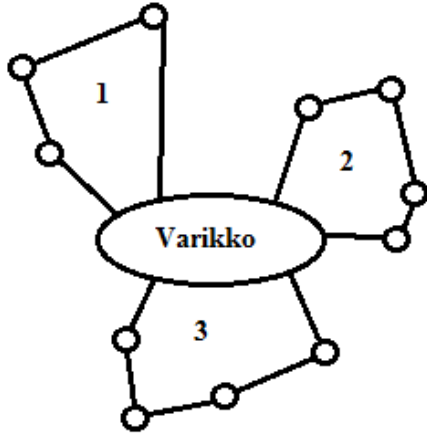
$$y_i \in \mathbf{R}, \quad \forall i \in L \quad (7)$$

Yhtälö (1) minimoi käytetyt kustannukset (*objective function*). Funktio (2) määrittää, että jokaisen asiakkaan luona täytyy käydä tarkalleen kerran. Funktio (3) määrittelee, että kauppamatkustaja voi lähteä pois asiakkaalta, jos ja vain jos se on tullut sinne. Kohteiden täytyy olla järjestyksessä (4). Ensimmäisen paikan tulee olla järjestysnumerolla 0 (5). Funktio (6) määrittelee rajoitteet muuttujille ja (7) mukaan järjestysnumerot ovat luonnollisia lukuja. (Puranen 2011)

Aikojen saatossa TSP:hen on lisätty useita muita rajoitteita, jolloin ongelmaa saadaan laajennettua entisestään. Yhtenä tunnetuimmista on mainittu Lin-Kerninghanin – algoritmi ja sen eri modifikaatiot. (Puranen 2011) TSP:n hyödyt potilassiirtokuljetuksien suunnittelussa ovat vähäiset, sen yksinkertaisuuden perusteella. Sen vaikutus näkyy kuitenkin myöhemmissä aliluvussa 3.5.2 esitellyssä ajoneuvon reititysongelmassa.

3.5.2 Ajoneuvon reititysongelma

Ajoneuvon reititysongelma (Vehicle Routing Problem, VRP) tai kapasiteettirajoitteinen ajoneuvon reititysongelma (Capacited Vehicle Routing Problem, CVRP) on ehkä eniten tutkittu optimointiongelma (Puranen 2011). VRP voi verrata TSP:hen siten, että kauppamatkustajia onkin n -kappaletta ja ne kuvaavat ajoneuvoa. Kuva 3.4 esittää VRP:n ratkaisun, jossa on kolme TSP:n ratkaisun kaltaista reittiä (1, 2 ja 3), jotka kaikki lähtevät ja palaavat varikolle. VRP:ssä ajoneuvoilla on toisiinsa nähden identtinen kuljetuskapasiteetti. VRP on käytössä useissa eri sovelluksissa. Yleisesti sitä käytetään kulutus- tarvikkeiden jakeluun, lastauksien suunnitteluun, kuriiripalveluihin ja postin reititykseen (Toth P., Vigo D., 2002). Lisäksi sitä voidaan käyttää koulukuljetuksien, huoltoreittien tai varastokuljetuksien suunnitteluun. Näitä kaikkia tapauksia yhdistää tarve kuljettaa materiaa useisiin paikkoihin joukolla kulkuvälineitä.



Kuva 3.4: Ajoneuvon reititysongelman esimerkkiratkaisu

Ajoneuvon reititysongelma voidaan kuvata TSP:n tavoin matemaattisena kaavana. Kuten TSP:ssä, VRP voidaan määritellä käyttämään joukkoa kohteita ja jokainen kuljetusajoneuvo aloittaa ja lopettaa samaan pisteeseen d , kuten esimerkiksi varikko. Joukko asiakkaita on $C = \{1, \dots, n\}$ ja $L = C \cup \{d\}$. Jokaisella asiakkaalla $i \in C$ on tarve δ_i . Kuten TSP:ssä, on tässäkin käytössä kaksi päätöksentekomuuttujaa x_{ij}^k ja y_i^k . Muuttujan x_{ij}^k indeksi $k \in K$ saa arvon 1, mikäli ajoneuvo k kulkee paikasta i paikkaan j ja muissa tapauksissa 0. Muuttuja y_i^k kuvaa paikan i järjestysnumeroa ajoneuvon k reitillä. Ongelma voidaan kuvata seuraavan mukaisesti:

$$\min \sum_{k \in K} \sum_{i \in L} \sum_{j \in L} \psi_{ij} x_{ij}^k, \quad (8)$$

jossa

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in L} x_{ij}^k = 1, \quad \forall i \in C, \quad (9)$$

$$\sum_{i \in C} \delta_i \sum_{j \in L} x_{ij}^k \leq \varphi, \quad \forall k \in K, \quad (10)$$

$$\sum_{j \in K} x_{dj}^k = 1, \quad \forall k \in K, \quad (11)$$

$$\sum_{i \in L} x_{ij}^k - \sum_{i \in L} x_{ji}^k = 0, \quad \forall j \in L, \forall k \in K, \quad (12)$$

$$\sum_{i \in L} x_{id}^k = 1, \quad \forall k \in K, \quad (13)$$

$$x_{ij}^k (y_i^k + 1 - y_j^k) = 0, \quad \forall i \in L, \forall j \in L, \forall k \in K, \quad (14)$$

$$y_d^k = 0, \quad \forall k \in K \quad (15)$$

$$x_{ij}^k \in B, \quad \forall i \in L, \forall j \in L, \forall k \in K, \quad (16)$$

$$y_i^k \in N, \quad \forall i \in L, \forall k \in K. \quad (17)$$

Funktio (8) minimoi kaikkien ajoneuvojen kustannukset (*objective function*). Rajoitukset (9), (12), (14), (15), (16) ja (17) sisältävät indeksin ajoneuvolle k ja vastaavat TSP:n rajoitteita (2), (3), (4), (5), (6) ja (7). Rajoitus (10) rajaa kuljetusajoneuvon käyttämään vain sallittua, samaa kuljetuskapasiteettia ja (11) sekä (15) määräävät kulkuneuvon aloittamaan ja lopettamaan samaan pisteeseen d . (Puranen 2011)

Tässä oletetaan, että ajoneuvoja on tarpeeksi, jotta reititysongelma voidaan hoitaa järkevästi. Mikäli ajoneuvoja ei ole käytössä riittävästi ja järkevää ratkaisua ei löydy, voidaan käymättä jääneille kohteille määrittää tuottoarvo. Tämä tuottoarvo η_i saadaan käymällä paikassa $i \in L$. Näin ongelma saadaan rajattua käyttämään rajoitteita (10) – (17) ja (19) sekä tavoitefuntiota (18) (*objective function*). (Puranen 2011)

$$\max \sum_{k \in K} \sum_{i \in L} \sum_{j \in L} \eta_i x_{ij}^k - \sum_{k \in K} \sum_{i \in L} \sum_{j \in L} \psi_{ij} x_{ij}^k, \quad (18)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in L} x_{ij}^k \leq 1, \quad \forall i \in C. \quad (19)$$

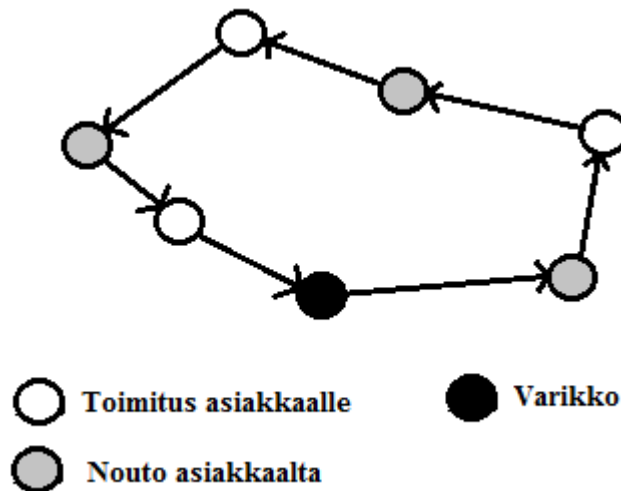
Yleensä jakeluun liittyy myös jälkitöitä, kuten tyhjien laatikoiden tai pullojen hakemista paikasta, johon jakelua on tehty. Jälkitöiden ja toimituksien järjestys ei ole täysin sekoitettavissa, koska toimituksen täytyy tapahtua ennen jälkityötä. Tätä tarkoitusta varten on laajennettu ajoneuvon reititysongelma paluukyyteineen (Vehicle Routing Problem with Backhauls, VRPB), jossa kaikki jakelu on tapahduttava ennen jälkitöitä (Puranen 2011). Mikäli toimitusten ja jälkitöiden on tarvetta olla täysin riippumattomia toisistaan, voidaan silloin hyödyntää nouto ja toimitusongelmaa (Pickup and Delivery Problem, PDP) (Puranen 2011). PDP:stä lisää aliluvussa 3.5.3.

Aikaisemmin tässä aliluvussa esitetyille teorioille on tyypillistä, että kaikki kuljetukset lähtevät yhdestä samasta pisteestä ja lopulta kuljetusajoneuvot palaavat takaisin sinne. Suurille organisaatioille on tyypillistä keskittää jakelu useisiin jakelukeskuksiin ja materiaali eri varastoihin, jolloin yhden lähtö- ja paluupisteen käyttäminen ongelmanratkaisussa ei ole toimiva. Ajoneuvon reititysongelma usealla jakelupisteellä (Multi-Depot Vehicle Routing Problem, MDVRP) on kehitetty ottamaan huomioon useiden jakelupisteiden vaikutus reititykseen (Puranen 2011). Se mahdollistaa myös kuljetusajoneuvojen jakamisen eri ryhmiin, jolloin erikokoisten ja kapasiteetiltaan eroavien ajoneuvojen käyttäminen algoritmissa on mahdollista (Escobar J. W. 2013). Siinä ei oteta kuitenkaan huomioon useiden noutojen tapahtumista peräkkäin ennen toimitusta, vaan toimitus tapahtuu välittömästi noudon jälkeen. Tästä esimerkkinä voidaan mainita sanomalehtien

poimiminen eri painotaloilta ennen toimitusta myyntiliikkeeseen. Tämän ratkaisemiseksi tarvitaan nouto- ja toimitusongelmaa (aliluku 3.5.3).

3.5.3 Nouto- ja toimitusongelma

Kuljetuksen suunnittelu on vain yksi näkökulma logistiikkaan. Edellä esiteltiin jakeluun ja toimittamiseen liittyviä ongelmia jakelukeskuksesta asiakkaalle. Näiden ongelmien kautta on hyvin vaikea kuvata ongelmaa, jossa tavarat tai matkustajat eivät ole yhdessä noutopisteessä vaan ovat hajautettu eri sijainteihin. Näistä ongelmista voidaan käyttää nimitystä nouto- ja toimitusongelma (Pick-up and Delivery Problem, PDP) (Puranen 2011). Kuva 3.5 havainnollistaa esimerkkitarkaisun PDP:lle, jossa varikolta lähtenyt ajoneuvo vuorotellen noutaa asiakkaalta tavarat ja sen jälkeen toimittaa sen asiakkaalle, kunnes lopulta palaa takaisin varikolle. PDP on varsin käytetty kuriiripalveluissa sekä ovelta-ovelle –kuljetuksissa, kuten koulukuljetuksissa.



Kuva 3.5: Nouto- ja toimitusongelman esimerkkiratkaisu

Kirjallisuudessa PDP on usein jaettu kolmeen alatyyppiin. Näistä ensimmäinen on Single-Commodity Pickup and Delivery Problem (SCPDP), jossa yhden tyyppinen tuote on joko toimitettu tai noudettu yhdeltä asiakkaalta. Tästä hyvä esimerkki on käteisrahojen siirto turvapalveluiden avulla. Toisessa tyypissä toimitukset ja noudot on täysin sekoitettavissa keskenään. Tällöin toimituksien välillä voidaan hakea ja toimittaa muita toimituksia. Tätä kutsutaan Mixed Vehicle Routing Problem with Backhauls (MVRPB), joka on tyypillinen esimerkki PDP:stä. Kolmas käytetty tyyppi on Multi Commodity Pickup and Delivery Problem (MCPDP). Siinä uniikki tuote noudetaan jokaisesta noutopaikasta ja ne toimitetaan haluttuun paikkaan. Viimeisenä mainittu on näistä kolmesta yleisin ja siitä käytetäänkin toisinaan nimitystä Vehicle Routing Problem with Pickup and Deliveries (VRPPD). (Puranen 2011)

VRPPD on mahdollista ratkaista matemaattisesti kuten TSP ja VRP. VRPPD:n tapauksessa kaavojen avuksi tarvitaan uusi muuttuja z_i^k , joka määrittelee tarpeen ajoneuvolle $k \in K$ tehdä nouto paikan i jälkeen. Lisäksi käytössä on noutoasiakkaat $C^p \subset C$, niin että $C^p \cup C^d = C$ ja $C^p \cap C^d = \emptyset$. Näin ollen voidaan määritellä $C^p = \{1, \dots, n\}$ ja $C^d = \{n+1, \dots, 2n\}$. Jokaista noutopaikkaa i on vastaava toimituspaikka $i+1$. Näin ollen saadaan tarve $\delta_j = -\delta_{n+1} \forall i \in C$. VRPPD muodostuu optimointifunktiosta (8), rajouksista (9), (11) – (13) ja (16) sekä alla esitellyistä rajoitteista (20) – (24).

$$\sum_{i \in C} x_{ij}^k - \sum_{i \in C} x_{n+i,j}^k = 0, \quad \forall j \in C^p, \forall k \in K \quad (20)$$

$$x_{ij}^k (z_i^k + \delta_j - z_j^k) = 0, \quad \forall i \in C, \forall j \in C, \forall k \in K, \quad (21)$$

$$z_i^k \leq \varphi, \quad \forall i \in L, \forall k \in K, \quad (22)$$

$$z_d^k = 0, \quad \forall k \in K, \quad (23)$$

$$z_i^k \in R \geq 0, \quad \forall i \in L, \forall k \in K. \quad (24)$$

Rajoite (20) varmistaa, että sama kuljetusajoneuvo, joka tekee noudon, tekee myös siihen liittyvän toimituksen. Rajoite (21) varmistaa auton lastaukseen käytettävien muuttujien paikkansapitävyyden ja (22) määrittelee, ettei kuljetusajoneuvo voi ylittää kuljetuskapasiteettiaan, ja että kuljetuskapasiteetti on kaikilla kuljetusajoneuvoilla sama. Rajoitteet (23) ja (24) varmistavat, että kuljetuksen tarpeella on oikea arvo sekä lähtiessä, että ajon aikana. (Puranen 2011)

Kirjallisuudessa on esiintynyt myös termi General Pickup and Delivery Problem (GPDP), joka eroaa ajoneuvon reitityksistä noudoilla ja toimituksilla (Vehicle Routing Problem with Pick-ups and Deliveries, VRPPD) kahdella eri tavalla. Ensinnäkin jälkimmäisessä jokainen kulkuneuvo aloittaa ja päättää reittinsä ennalta määritettyyn maantieteelliseen pisteeseen (Nagy, Wassan & Salhi 2013). Tämä lähtökohta on hankala, kun jakelupaikkoja on useita, ylimääräistä kalustoa pystytään vuokraamaan tai kun suunnittelu on dynaamista. Dynaamisuus on olennainen osa reititystä, kun reititystarve muuttuu ajan myötä (Puranen 2011). Tämän voi aiheuttaa esimerkiksi reaaliaikainen kuljetustarpeiden muutos tai ajoneuvovauriot. Tällöin ongelma täytyy ratkaista ottamatta huomioon jakelukeskuksia, koska kulkuneuvot ovat yleensä hajaantuneet pitkin jakelureittejä. Toinen tavoista ilmenee, kun noutopaikkoja on useita ennen toimitusta. Tämä on hyvin yleistä rakennusteollisuudessa, jossa useita rakennusmateriaaleja saatetaan toimittaa yhdellä kuljetuksella eri varastoista ja tehtaista.

Vaikka GPDP:tä voidaan käyttää havainnollistamaan ja ratkaisemaan monia ongelmia, on siinä silti yleisesti tiedostettuja ongelmia verrattuna VRP:n noudon ja toimituksen antamiin ratkaisuihin. GPDP:n ei niinkään ota huomioon paikkojen läheisyyttä. Mikäli

jotkin toimituspaikat ovat maantieteellisesti lähellä toisiaan, on hyvin todennäköistä, että VRP ehdottaisi toimituksia näihin kohteisiin samalla kulkuneuvolla. Kuitenkin PDP:ssä tämä ei ole itsestäänselvyys. Tällöin PDP:n ratkaisua arvioidessa voi tulos näyttää erikoiselta ja ratkaisun evaluointi onkin vaikeaa ilman tieteellistä tutkimusta ja perusteluja. (Puranen 2011)

3.6 Ajoneuvon reititysongelmien laajennokset ja rajoitteet

Reititysongelmien laajennokset eroavat luvussa 3.5 optimointiongelmista siten, että optimointiongelman vaihtoehdot ovat usein osa ratkaisua ja niitä on käsitelty laajasti kirjallisuudessa. Laajennokset ovat enemmänkin lisä ongelmaan ja sen ratkaisuun.

3.6.1 Aikaikkunat

Usein toimituksille ei ole määrätty tarkkaa ajankohtaa, vaan ne toteutuvat määrätyn aikaikkunan sisällä (Time window, TW). Tämän aikaikkunan ylittäminen tai alittaminen ei usein ole sallittua, sillä asiakas ei voi vastaanottaa kuljetusta, mikäli paikalla ei ole henkilöä vastaanottavalta osapuolelta. Aikaikkuna rajaa tapahtuvan toiminnan aloitus ja lopetushetken sisään sisältäen niin aloituksen, lopetuksen kuin tarvittavat toiminnot. Lisäksi aikaikkuna liittyy hyvin läheisesti palvelunlaatuun eli Quality of Service (QoS). Palvelunlaatu on yleisesti tärkeä osa esimerkiksi ruoka- tai postikuljetuksia, koska kuljetusaika ei saa venyä, jotta asiakas saa kuljetettavat tavarat käyttökelpoisina.

On olemassa myös epätavallisia rajoitteita, kuten koulukuljetuksien aikaikkunat, jotka määrittelevät maksimiajan kokonaiskoulukuljetukselle oppilasta kohden. Näin ollen koulukuljetukset voidaan joutua suunnittelemaan yhden ajoneuvon sijasta käyttämään useampaa ajoneuvoa palveluiden toteutuvuuden varmistamiseksi. Tätä koulukuljetusongelmaa on niin kutsuttu Dial-a-Ride Problem (DARP), jossa kulkuneuvo kuljettaa samanaikaisesti useita tuotteita tai henkilöitä, joilla on sama kapasiteettivaatimus (Puranen 2011). Kaukoliikenteen bussi kuljettaa useita ihmisiä, joista jokaiselle on varattu oma istuin ja matkatavarat ja jokaisella on lisäksi oma aikaikkunansa, jolla he haluavat päästä määränpäähensä. Tällaisessa tapauksessa aikaikkunat ovat usein tiukkoja ja yksittäisen matkustajan odottaminen tai matkalta poikkeaminen ei ole hyväksyttävää. Nämä rajoitteet saavat jokaisen ongelman eroamaan toisistaan, mutta silti niiden ratkaisu on kohtuullisen yksinkertaista.

Usein aikaikkunat ajatellaan erillisiksi rajoitteiksi, vaikka ne ovatkin lähes aina läsnä. Aikarajoitettu ajoneuvon reititysongelma (Vehicle Routing Problem with Time Window, VRPTW) voidaan yhdistää lähes minkä tahansa ongelman kanssa. VRPTW on VRP:n laajennos, jolla on otettu huomioon aikaikkunan tuomat rajoitteet. Tämä tekee VRPTW:sta yhden tärkeimmistä laajennoksista. Monet tutkimukset ovatkin vieneet aikaikkuna-ajattelua hieman pidemmälle ja luoneet ratkaisumenetelmiä ongelmille, jois-

sa on useita aikaikkunoita asiakkaiden palveluun. Näiden aikaikkunoiden kustannukset voivat vaihdella, jolloin optimointilogiikan on helpompi evaluoida ratkaisuja. (Puranen 2011)

3.6.2 Avoin reititys

Kaikissa VRP variaatioissa jokaisella kuljetusvälineelle on määritelty aloitus- ja lopetuspiste. Näiden pisteiden määrittäminen ei ole aina helppoa ja onkin olemassa tapauksia, joissa lähtöpisteet ovat tiedossa, mutta kuljetuksille ei ole olemassa yksiselitteistä lopetuspistettä. Näitä ongelmia kutsutaan avoimeksi ajoneuvon reititysongelmaksi (Open Vehicle Routing Problem, OVRP). Avoimessa ajoneuvon reititysongelmassa on kaksi huomiotavaa tapausta, joissa sitä usein hyödynnetään. Ensimmäisessä kuljetusvälineen on palattava jakelukeskukseen palveltuaan jokaista asiakasta samalla kertaa. Näin ollen edellä mainitun reitti voidaan ajatella kulkevan jakelukeskuksesta viimeiselle asiakkaalle. Toisessa tapauksessa kulkuneuvojen kustannukset määräytyvät tehdyn työn mukaan esimerkiksi vuokra-autojen kilometrikustannukset. Tässäkin tapauksessa reitti voidaan laskea jakelukeskuksesta viimeiselle asiakkaalle. (Puranen 2011)

3.6.3 Kapasiteetti- ja ominaisuusrajoitteet

Usein teorioissa kuljetusajoneuvot on ajateltu täysin identtisiksi. Tämä ei kuitenkaan todellisuudessa ole täysin mahdollista, sillä ajoneuvot eroavat kustannuksissa, kapasiteetissa, nopeudessa ja saatavuudessa. Kulkuneuvojen varustus ei ole aina sama ja toimitus voi asettaa vaatimuksia kulkuneuvon koolle tai maasto-ominaisuuksille. Fleet Size and Mix problem (FSMP) kuvastaa yhdistelmää kulkuneuvojen ja reittien suunnittelun ongelmista. Ongelmia joissa käytettävissä olevat kulkuneuvot ovat heterogeenisiä, voidaan käyttää nimeä Heterogenous Vehicle Routing Problem (HVRP). (Puranen 2011)

Kulkuneuvojen kapasiteettivaatimukset usein käsitetään yksiselitteisiksi ja arvoltaan vakioiksi. On kuitenkin tavallista, että kulkuneuvojen on mahdollista laajentaa kapasiteettiaan ottamalla käyttöön perävaunuja erityyppisille kuljetuksille. Ajo- ja kulkuneuvojen käyttö voidaan jakaa useisiin eri tapauksiin: (Derigs U. et al, Puranen T. 2011 mukaan)

- useita ei-homogeenisia tuotteita yhden homogeenisen kuljetuksen sijaan
- ajo- tai kulkuneuvo muodostuu useista eri osioista yhden sijaan
- kolmanneksi kaikki kuljetettavat tavarat täytyy sijoittaa osioon
- osiossa on vain yhtä tuotetta eikä niitä voi sekoittaa
- osioilla on rajoitteita, jotka rajaavat mitä niihin voi lastata

Näitä rajoitteita on helppo havainnollistaa kuljetuslaivalla, joka kuljettaa raakaöljyä. Öljytankkerissa on useita eri osioita, tankkeja, koska samanaikaisesti voidaan kuljettaa useita eri öljytyyppejä eri kohteisiin. Lisäksi kemikaalilainsäädännön turvallisuussäädökset kieltävät yleisesti käyttämästä liian suuria säilytys- ja kuljetuskokoja palavalle materiaalille. Jätekuljetuksissa erityyppisen jätteet lajitellaan eri osioihin. Jotkin ruoka-tarvikkeet täytyy pakastaa kuljetuksen ajaksi, mutta toiset taas eivät siedä kylmää.

3.6.4 Kuljetusneuvojen monikäyttöisyys

Vehicle Routing Problem with Multiple Trips (VRPMT) käsittää nimensä mukaisesti VRP:n laajennettuna kulkuneuvojen useilla matkoilla, kuten yhden auton ensimmäisen toimituksen jälkeinen uudelleen täyttö ja toimitus (Puranen 2011). VRPMT:ssä usein kiinnitetäänkin huomiota reittien kokonaispituuteen, ylimää räisiin pysähdyksiin ja taukoihin sekä kompleksisiin menoeriin. Kompleksisilla menoerillä kuvataan ei-kiinteiden kustannuksien vaikutusta toimintaan. Nämä kustannukset ovat usein muuttuvia ja määräytyvät esimerkiksi vuokra-ajoneuvoja tai henkilökuntaa käytettäessä. Näissä tapauksissa kustannukset määräytyvät usein erimerkiksi kuljetun reitin ja ajan mukaan. Reitin valinta on merkittävä, sillä useissa maissa vuorokauden aika vaikuttaa reittiin, sillä ruuhka-ajoista aiheutuvat tullit tuovat ylimää räisiä kustannuksia. Lisäksi vuokrahenkilökunnan ja ajoneuvojen hinnat vaihtelevat eri aikoina.

Kustannuksien rakenteeseen voi vaikuttaa useilla eri tavoilla. Esimerkiksi kuljettajien vuorojen rajoittaminen muutaman tunnin mittaisiksi täyden työpäivän sijaan on tehokas vaihtoehto. Tällöin vältetään ylipitkiltä yhdenjaksoisilta siirtymiltä. Tämäkään ei kuitenkaan aina onnistu, sillä täyttä työpäivää (7,5 - 8,0 tuntia) tekevät tuskin suostuvat tekemään esimerkiksi 5 tunnin vuoroja toistuvasti ansionmenetyksien vuoksi. Tätä voidaan osaltaan ratkaista asettamalla algoritmille ylimää räisiä kuluja, mikäli reittien pituudet ovat epätasapainossa (Puranen 2011). Tällöin reittejä saadaan lyhennettyä. Tätä ”sakottamista” voidaan myös tehdä aikaikkunoita asettamalla, jolloin myöhästymisen tai liian aikaisin saapuminen nostavat kustannuksia. Mikäli asiakkaita on enemmän kuin kuljetuskapasiteettia, voidaan eri kohteille asettaa arvot niiden tuomien tulojen mukaan, jolloin enemmän tuottavat kohteet ovat ensisijaisia.

3.6.5 Henkilöstön rajoitteet

Reittien suunnittelu on vain yksi osa suunnittelua. Lähes poikkeuksetta vaikeamman osuuden muodostavat henkilökunnan työvuorosuunnittelu. Kuljettajilla on erilaisia ajokortteja ja lupia ajaa erityyppisiä kulkuneuvoja. Lisäksi täytyy ottaa huomioon tauot ja pysähdykset. Laki velvoittaa kuljettajia pitämään taukoja yhtäjaksoisten pitkien ajovuorojen aikana. Määräykset myös usein määräävät kuljettajille annettavat vapaapäivät. Taukojen määrittäminen on erittäin yksinkertaista, mutta algoritmien kannalta niiden

toteuttaminen on hankalaa (Puranen 2011). Jossain tapauksissa tätä on pyritty ratkomaan asettamalla kuljetusajat pitemmiksi, jolloin kuljettajat saavat pidettyä taukonsa valitsemallaan ajankohdalla.

3.6.6 Varusterajoitteet

Kulkuneuvojen varustelut saattavat erota hyvinkin paljon toisistaan. Esimerkiksi jokaisessa sairaankuljetusautossa ei ole asianmukaisia varusteita sydämen uudelleentahdistukseen. Tällöin onkin pidettävä huolta, että ensisijaisesti tiettyä varustusta vaativille toimituksille on varattu oikeaa ajoneuvokalustoa. Ajoneuvokaluston valinta voi muutenkin aiheuttaa ongelmia sillä erikokoisten ajoneuvojen pääseminen toimituspaikalla voi olla haasteellista. Esimerkiksi peräneuvoyhdistelmien on hyvin vaikea toimittaa lastiaan ollessaan kokonaisena yhdistelmänä.

3.6.7 Jaksoittaisuus

Hyvin tyypillistä asiakastoimituksille on jaksoittaisuus. Tällöin asiakas saattaa vaatia täydennystä tai kuljetusta esimerkiksi kerran päivässä, joka toinen päivä tai vaikkapa joka maanantai. Tyypillisiä toimituksia ovat jätteidenkeräys, huoltoreitit tai automaattien täyttämiset. Nämä voidaan ratkaista VRP:llä asettamalla kyseiset reitit vakioiksi ajan ja matkan suhteen. Tämä joudutaankin usein asettamaan manuaalisesti, jonka jälkeen automaattiset reitin valinnat joutuvat ottamaan sen huomioon.

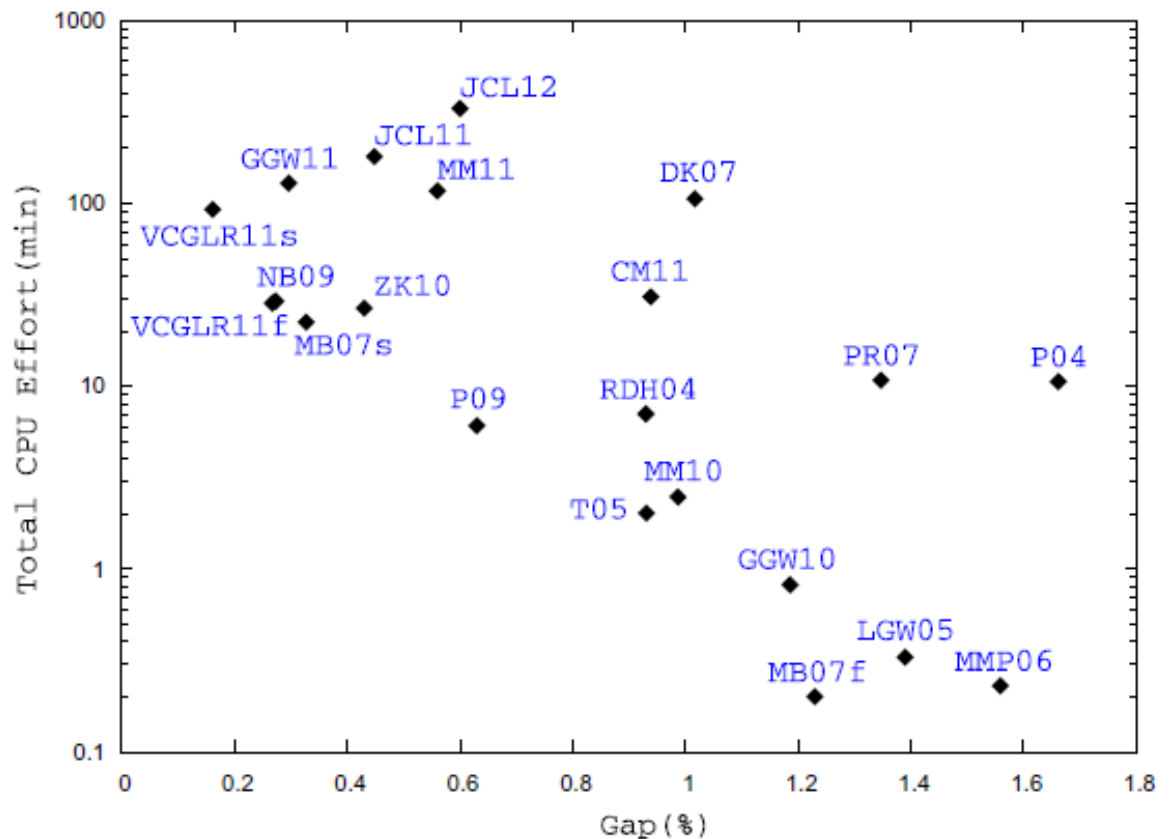
3.7 Optimoinnin merkitys järjestelmälle

Logistiikan optimointiratkaisuja on tutkittu paljon ja kaupallisia toteutuksia on tarjolla jopa satoja, joista kotimaisia ohjelmistotuottajia löytyy useita. Nykyaikainen ohjelmistojen ja tekniikan (*hardware*) kehitys on auttanut toteuttamaan yhä nopeampia optimintisovelluksia. Vaikka ohjelmistojen suorituskyky ja graafisten käyttöliittymien tuoma käytettävyys ovat parantuneet, eivät ne kuitenkaan poista kaikkia ongelmia optimintisovelluksien valinnassa, sillä oikean menetelmän löytäminen tapauskohtaisesti on edelleen hankalaa. Toimivimman sovelluksen valinta täytyy tehdä laadun, suorituskyvyn ja käytettävyyden perusteella optimointia käyttävän sovelluksen vaatimuksista riippuen.

3.7.1 Optimointimenetelmien laatu ja suorituskyky

Optimointimenetelmien ja sen kautta myös sitä käyttävien sovelluksien käytettävyyteen yhdistetään usein optimaalisimman ratkaisun löytämiseen käytetty aika, suorituskyky. Useissa sovelluksissa tämä käytetty aika täytyy minimoida. Vidal et al. (2013) tekivät

tutkimuksen CVRP:n heurististen menetelmien laadun suhteesta suorituskyykyyn. Tutkimuksessa testattiin 23 optimointimenetelmää valittuja testitapauksia käyttäen ja vertaamalla saatuja tuloksia ennalta valittuun ratkaisuun. Tuloksissa päästiin jokaisen menetelmän kohdalla alle 2 % päähän valitusta optimiratkaisusta. Kuvaaja 3.6 esittää laadun (*Gap*) suhteessa käytettyyn laskenta-aikaan (*Total CPU effort*). Laskenta-aika on skaalattu käyttäen $T_{\#} = n_{runs} \times n_{cpu} \times T \times f(cpu)$, jossa $f(cpu)$ on vertailukerroin valittuun Pentium IV 3.0Ghz –suorittimeen. Skaalattujen aikojen kerrotaan olevan vain karkeita arvoja, joiden avulla vertailua pystytään suorittamaan. Tuloksien mukaan paras laatu (MB07, NB09, VCGLR11) saavutettiin käyttämällä menetelmiä, jotka keskittyivät käyttämään useita optimointimenetelmiä, kuten esimerkiksi *lähin naapuri* –menetelmää (*local-neighbour*) ja *tabuhaku menetelmä* (*tabu search*). Yhteenvetona saatujen tuloksien perusteella voitiin todeta, että kaikkien tutkimuksessa menestyneiden menetelmien paremmuus ei perustunut vain yhteen tekijään vaan useisiin tekijöihin kuten esimerkiksi eri ratkaisujoukkojen käyttöön (*search spaces*), erilaisten naapurustojen käyttöön (*variable neighbourhoods*), muistien käyttöön (*memories*) ja eri heurististen menetelmien käyttöön (*hybridization*). Lisäksi optimoinnin laatu parani käytetyn ajan suhteen, jolloin hitaammalla menetelmällä (MB07s, slow) saatiin parempi laatu kuin nopeammalla (MB07f, fast).

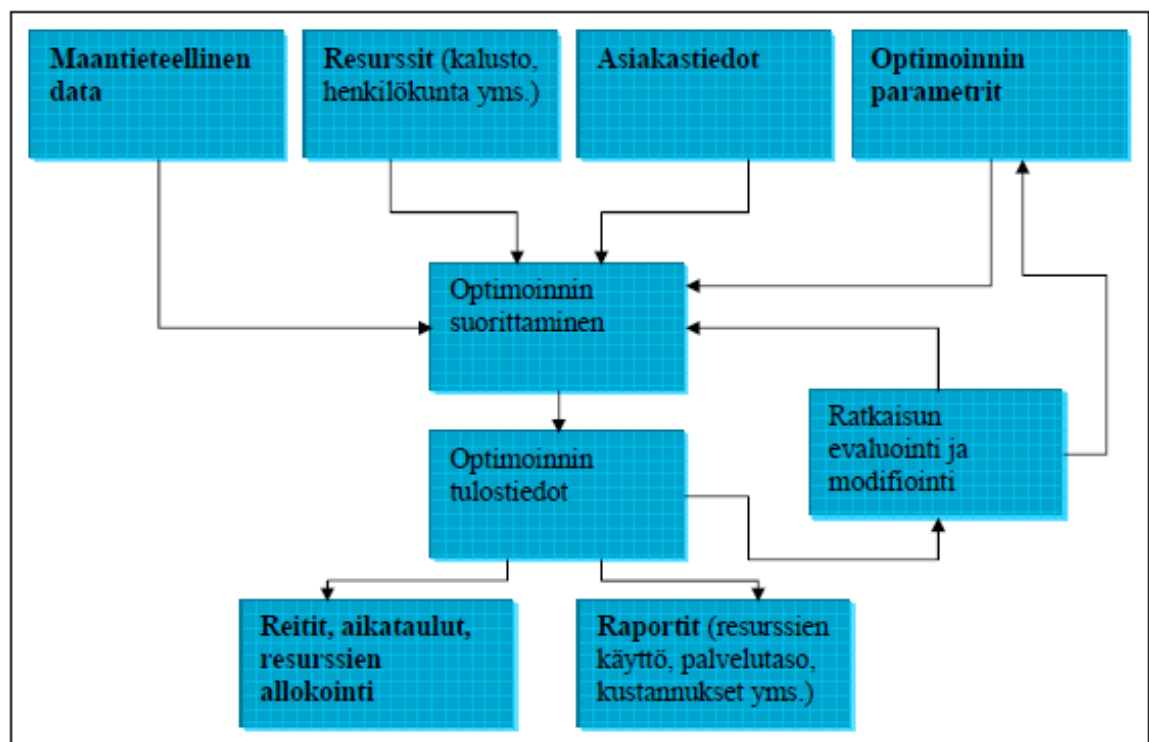


Kuvaaja 3.6: CVRP optimointimenetelmien laatu ja skaalattu laskenta-aika

3.7.2 Optimointimenetelmien käyttö ja valinta

Bräysy (2007) tutki kuntien logististen operaatioiden tehostamista optimoinnin avulla. Tutkimuksessa tutkittiin case-tutkimuksien avulla logististen optimointien vaikutusta katujen kunnossapitoon, vanhusten kotihoitoon (ateriakuljetukset), vanhusten kuljetuspalveluihin, logistiikkatoimintoihin (muun muassa materiaali- ja sisäpostikuljetukset), koulukuljetuksiin ja jätteiden keräykseen.

Reitioptimointiohjelmistojen perus toimintaidea on muodostaa käyttäjän tarpeiden mukainen optimoitu ratkaisu. Kaavio 3.1 esittää optimointiratkaisun muodostumisen reitioptimointiohjelmistoa käyttäen. Optimointimenetelmälle syötetyt data (kartat ja tiet), resurssit, asiakastiedot ja optimoinnin parametrit (matka, aika, kustannukset, täyttöaste) muunnetaan ratkaisuksi, joka sisältää muun muassa reitit, aikataulut ja resurssien käytön. Käyttäjällä on mahdollisuus vaikuttaa saatuun ratkaisuun, sillä ratkaisusta on takaisinkytkentä evaluoinnin ja modifioinnin kautta optimointiratkaisun suunnitteluun ja optimoinnin parametreihin.



Kaavio 3.1: Reitioptimointiohjelmiston ratkaisun muodostuminen (Bräysy 2007)

Tässä työssä käsiteltävien potilassiirtokuljetuksien kannalta Bräysin (2007) tekemässä tutkimuksessa käsiteltävistä toimialoista vanhusten kotihoitossa on samoja piirteitä kuin potilassiirtokuljetuksissa. Tämä johtuu siitä, että hoitokohteet on jaettu tiimeittäin (alueittain) ja kotihoitokäyntejä toteutetaan lähinnä aamu- ja iltapäivisin, johon sijoittuu myös suurin osa potilassiirtokuljetuksista (aliluku 4.1). Tutkimuksessa optimoinnin vaikutusta kotihoitojen suunnitteluun tutkittiin käyttäen neljää eri case-tutkimusta. Case-

tutkimukset perustuivat Jyväskylässä marraskuussa 2006 yhden viikon aikana tehtyihin kotihoitokäynteihin. Näitä kotihoitokäyntejä suoritti 38 täysipäiväistä hoitajaa, jotka suorittivat viikon aikana 765 asiakaskäyntiä, joiden kesto oli noin puoli tuntia. Työjaksoja kullekin päivällä tuli 76. Palvelun vuosittainen budjetti on noin 1,7 miljoonaa euroa.

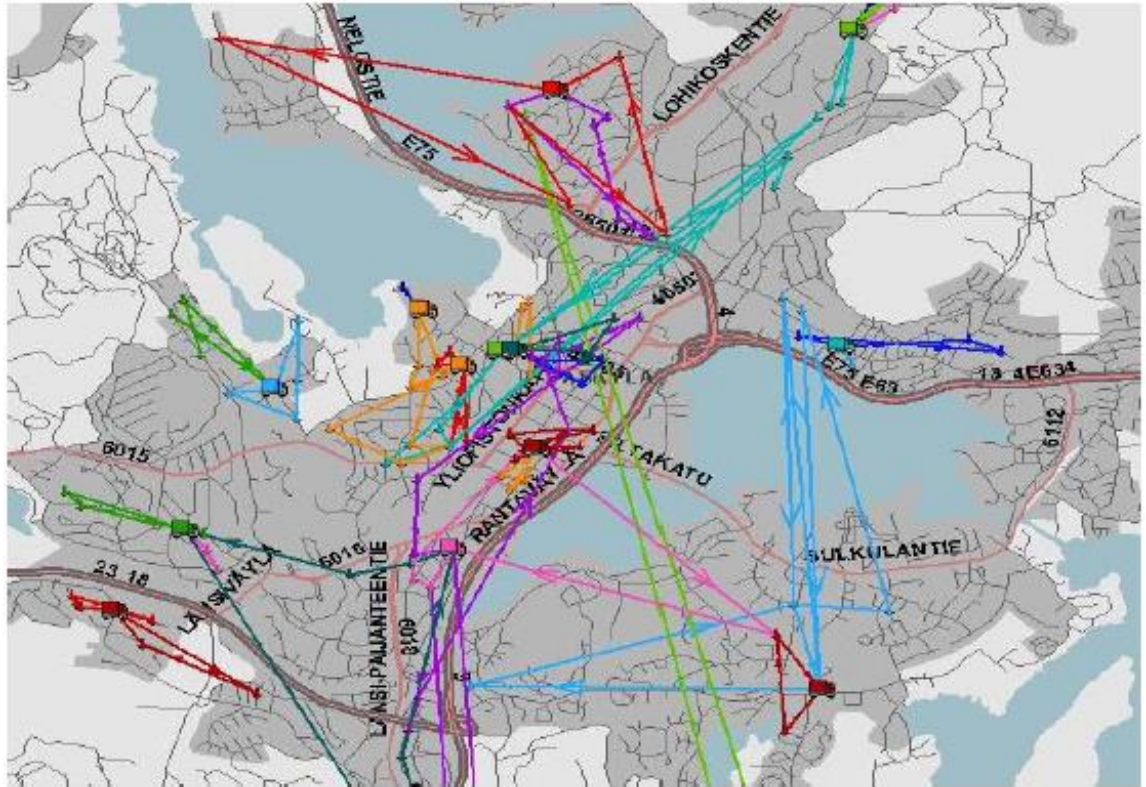
Ensimmäinen skenaario piti sisällään alkuperäisen ratkaisun, jossa käyntipäivät ja -ajat pidettiin muuttumattomina. Toisessa skenaariossa hoitajien annettiin palvella hoidettavia yli tiimirajojen. Kolmannessa skenaariossa testattiin optimoinnin vaikutusta, kun edellä mainitun tiimirajojen ylittämisen lisäksi sallittiin käyntipäivien ja käyntiaikojen optimointi. Tämä optimointi tehtiin kuitenkin siten, että hoitojen määrä, väliajat ja kesto pysyivät täsmälleen samoina kuin alkuperäisessä ratkaisussa. Viimeisessä neljännessä skenaariossa hoitajien sallittiin aloittavan ja lopettavan hoitokohteeseen ilman, että se tapahtuu käymällä hoitotuvan kautta.

Tutkimus tehtiin käyttämällä kaupallista SPIDER ohjelmistoa. Kyseisen ohjelmiston kerrotaan olevan varsin monipuolinen ja pitkän kehityksen tulos. SPIDERin avulla kotihoidosta saadut tutkimustulokset olivat huomattavia. Taulukko 3.2 esittää nykyisen tilanteen ja tehtyjen skenaarioiden optimoinnin tulokset. On huomattava, että pelkästään optimoinnin käyttö reitin- ja kohteiden valinnoissa toi lähes 37 % prosentuaalisen säästön työvuorojen määrässä. Tämä työvuorojen säästö oli suurin viimeisessä skenaariossa, jossa säästöä syntyi jopa yli 70 %. Pelkästään reitin aloittamisen ja lopettamisen salliminen ilman hoitotuvalla käymistä puolitti ajettut kilometrit verrattuna skenaarion 3 tuloksiin. Kuva 3.7 ja Kuva 3.8 esittävät kartalla reittivalinnat skenaarion 1 ja skenaarion 2 tapauksissa.

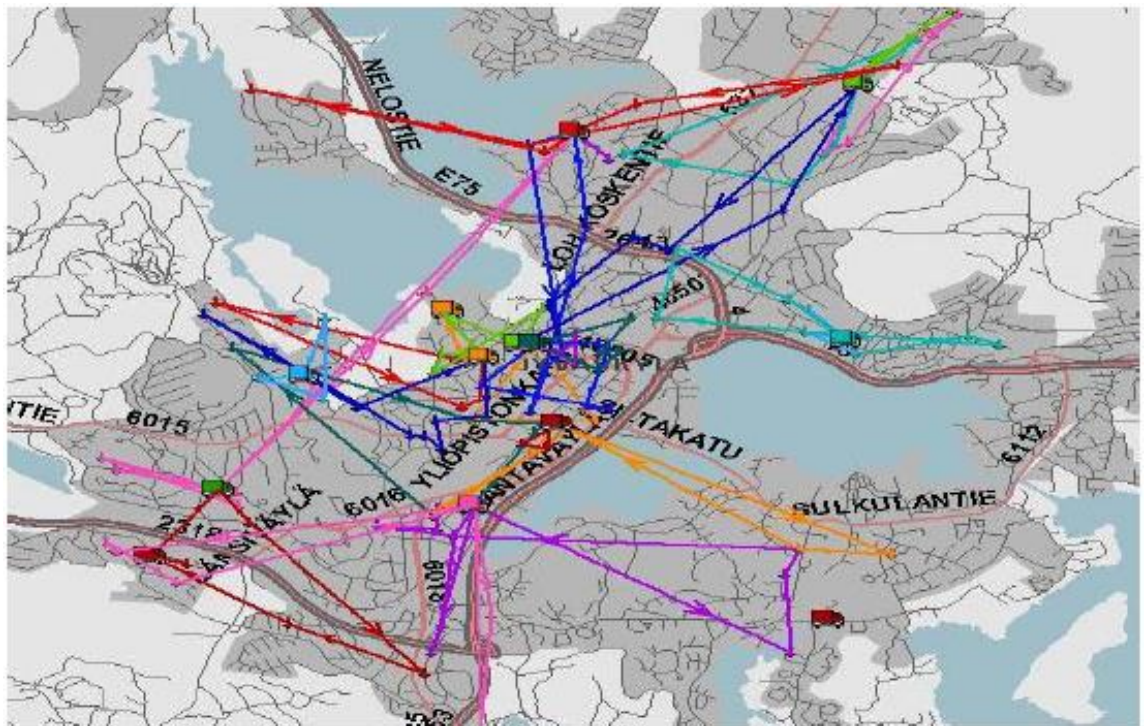
Taulukko 3.2: Kotisairaanhoidon tulokset

	Nykyinen	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Ajettu matka/ km	—	277.2	238.8	123.6	60.3
Työvuorojen määrä/pv	76	48	32	23	22
Prosentuaalinen säästö työvuorojen määrässä	—	36.8%	57.9%	69.7%	71.1%

Kotisairaanhoidon saatujen tuloksien perusteella optimoinnilla on merkittäviä vaikutuksia työmääriin ja ajettuihin kilometreihin. Näistä tuloksista tulee kuitenkin huomioida, että ne eivät ottaneet huomioon hoitajien muita työtehtäviä, kuten esimerkiksi palavereita tai hoitotyökalujen hakemista. Näidenkin tekijöiden huomioon ottaminen optimoinnissa on haastavaa ja tekee optimoinnista entistä monimutkaisempaa ja näin ollen myös hitaampaa.



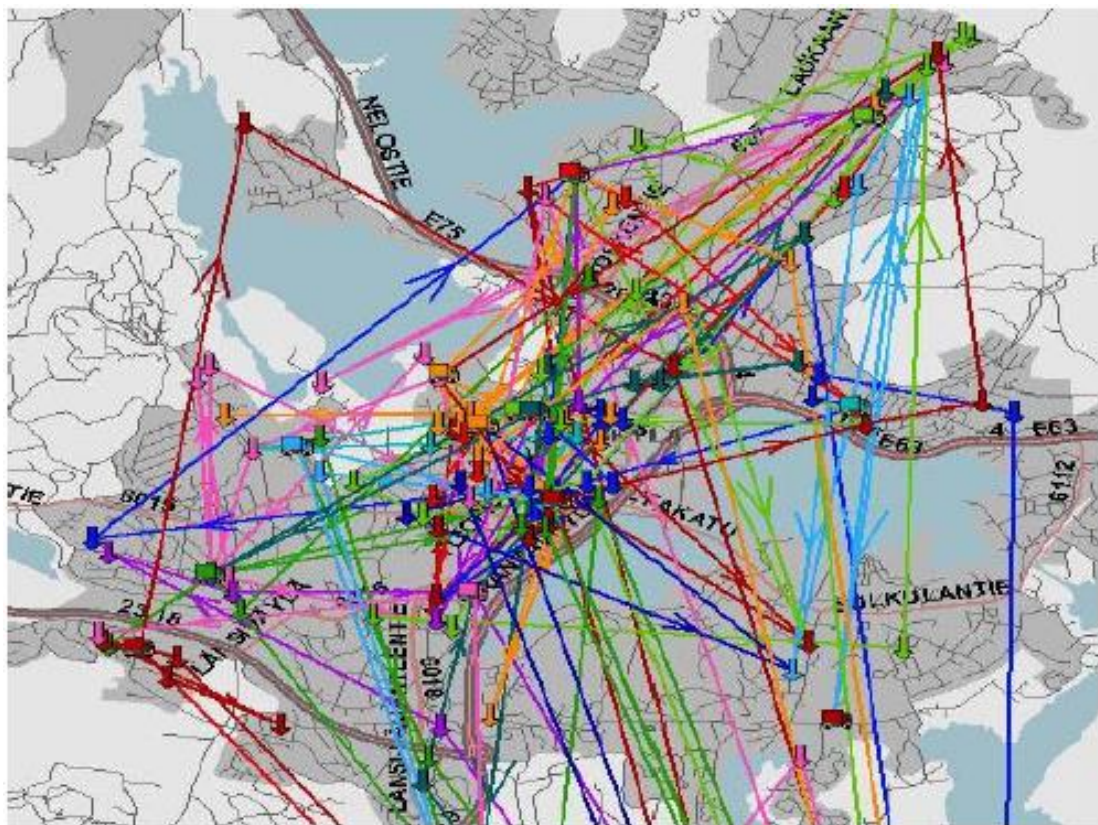
Kuva 3.7: Kotihoidon skenaario 1 mukainen ratkaisu (Bräysy 2007)



Kuva 3.8: Kotihoidon skenaario 2 mukainen ratkaisu (Bräysy 2007)

Optimointimenetelmän ja –ohjelmiston valinnassa tulee huomioida tarve ja sen asettamat suorituskykyvaatimukset, kuten aliluvussa 3.7.1 kuvatuissa suorituskykytutkimuksessa on mainittu. Aiemmin tässä aliluvussa mainitun kotisairaanhoidotutkimuksessa

tehtyjen skenaarioiden optimointiratkaisuihin on käytetty tutkimushetkellä nykyaikaisia optimointialgoritmeja. Sama ratkaisu vanhemmalla algoritmilla antaa täysin erilaisia tuloksia (Kuva 3.9). Bräysy (2007) mukaan vanhoja algoritmeja on käytössä useissa markkinoilla olevissa optimointisovelluksissa. Tämän vuoksi työkaluja valittaessa tulee kiinnittää huomiota saatuihin ratkaisuihin, niiden kykyyn täyttää asetetut vaatimukset ja ratkaisujen laatuun. Kotisairaanhoidon tutkimustuloksien saamiseksi käytetty SPIDER:n lisäksi markkinoilla on tarjolla muitakin tähän soveltuvia kaupallisia optimointiohjelmistoja, kuten esimerkiksi ShortRec, Route logix ja Route Planner (Ranki 2011). Edellä mainittuja ohjelmia käyttämällä suoritettu kotihoidon case-tutkimus antoi hieman erilaisia tuloksia. Kuitenkin tässä työssä esitelty SPIDER:lla saadut tulokset olivat suorituskykyisiä ja esittivät merkittäviä säästöjä. (Ranki 2011) Markkinoilta löytyy myös yliopistojen tutkimushankkeiden tuloksena syntyneitä optimointiohjelmistoja, kuten Jyväskylän yliopiston CO-SKY- tutkimushankkeen NFleet-ohjelmisto (CO-SKY 2013). Jokaisessa ohjelmistossa on omat vahvuutensa ja heikkoutensa ja niiden soveltumista on mahdollista tutkia lähinnä empiirisen tutkimuksen kautta ja vertailemalla tuloksia nykyiseen tilanteeseen ja toisista ohjelmistoista saatuihin tuloksiin. Parhaan ohjelmiston löytäminen on vaikeaa ja joissain tilanteissa lähes mahdotonta.



Kuva 3.9: Kotihoidon optimoinnin ratkaisu vanhemmalla algoritmilla (Bräysy 2007)

4 POTILASSSIIRTOJEN SUUNNITTELU JA HALLINTA

Potilasssiirtojen suunnittelulla on tärkeä merkitys siirtokuljetuksien toteutumiselle. Tässä luvussa kuvataan nykyistä prosessia, käytössä olevia työkaluja ja optimointiteorioiden hyödyntämistä potilasssiirtojen suunnittelussa.

4.1 Potilaskuljetuksien suunnittelu ja toteutus

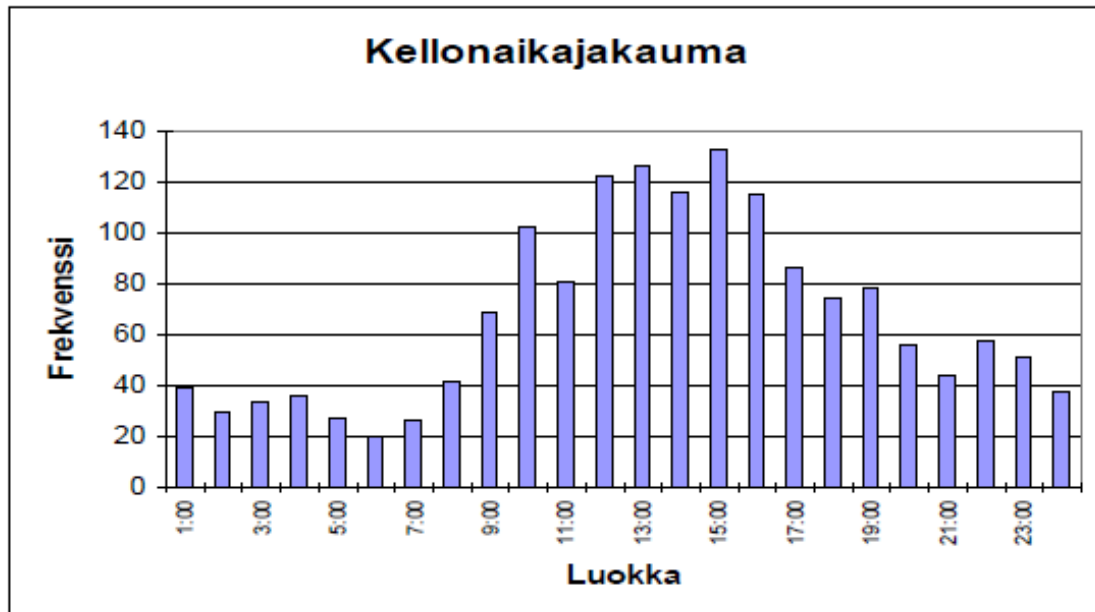
Tällä hetkellä potilasssiirtojen suunnittelun hoitavat yhdessä sairaanhoitajat, lääkärit, ajojärjestelijät, kenttäjohtajat ja hätäkeskus (Lintu 2012; Jauhiainen 2008). Lääkärin tehtävänä on diagnosoida potilaan tila ja määrätä tarvittavat hoidot. Vastaavasti sairaanhoitaja tekee tarvittavat toimet tai järjestää tarvittavat hoidot potilaalle. Järjestäminen käsittää hoidon järjestämisen potilaalle niin, että hoito tulee potilaan luokse tai potilas ohjataan saamaan hoitoa johonkin toiseen kohteeseen. Potilasssiirto tulee kyseeseen, mikäli potilas ei itse pysty suoriutumaan siirtymisestä tai potilaan tila sitä vaatii. Sairaanhoitaja tekee pyynnön potilaan siirtämiseksi toiseen yksikköön joko ensihoitokeskuksen ajojärjestelijälle tai kenttäjohtajalle vuorokauden ajasta riippuen tai hätäkeskuspäivystäjälle, mikäli siirto sitä vaatii.

Nykyisellä potilaskuljetuksien toimintamalli on suurien muutoksien alla, sillä hätä- ja ensihoitokeskusten välinen vuorovaikutus ja tehtävien jakamisen toimintamalli on yhä kesken. Esimerkiksi potilaskuljetuksen tilaaminen terveyskeskuksen päivystyksestä keskussairaalan päivystykseen hoituu hätäkeskuksen kautta, mutta kuljetus terveyskeskuksen vuodeosastolta tilataan ajojärjestelijältä tai kenttäjohtajalta, joka järjestää kuljetuksen, tai tilaus voidaan tehdä suoraan kuljettavalle yksikölle (Lintu 2012). Jatkossa hätäkeskuksen tehtäviin ei kuulu kuin kiireellisten potilaskuljetuksien järjestäminen, jolloin ensihoitokeskuksen tehtäväksi jää kaikkien kiireettömien potilasssiirtokuljetuksien hoitaminen.

Ensihoitokeskuksen ajojärjestelijän on tarkoitus tulevaisuudessa toimia ympärivuorokautisesti. Tällä hetkellä kuitenkin virka-ajan ulkopuolisten siirtokuljetuksien jakamisen hoitaa kenttäjohtaja. Nykyisellään esimerkiksi KSSH:n alueella kenttäjohtajan hoidettavaksi tulee arviolta alle kymmenen siirtokuljetusta vuorokautta kohden (Lintu 2012).

Potilaskuljetuksista suurin osa tapahtuu päivällä, jolloin kapasiteettia on myös enemmän käytössä. Kuvaaja 4.1 esittää jakautuman eri vuorokauden ajoille Keski-Suomen keskussairaalan potilasssiirtokuljetuksien kellonaikajakauma. Suurin osa siirtokuljetuksista

tapahtuu päiväaikaan kello 8 – 19. Yöaikana tapahtuvien siirtojen on todettu olevan suurempi riski potilaan terveydelle (Coleman et al. 2004). Jopa potilaiden kuolleisuus on suurempi yöaikana (kello 20 - 08) tapahtuvissa siirroissa.



Kuvaaja 4.1: Siirtokuljetuksien kellonaikajakauma (Lintu 2012)

4.2 Käytössä olevat työkalut

ERVA-alueiden sairaanhoitopiirit toimivat tällä hetkellä itsenäisesti ja toisistaan riippumattomina. Ensihoitokeskuksen ajojärjestelijät ja kenttäjohtajat voivat ohjata vain oman sairaanhoitopiirinsä ambulansseja ja muita kuljetusajoneuvoja. Tämä on ongelmallista varsinkin alueiden reunoilla, joissa mahdollisesti toisen alueen ambulanssit olisivat lähempänä käytettävissä. Sairaanhoitopiirien käytössä on eri työkaluja. Tällä hetkellä jokainen sairaanhoitopiiri voi tehdä omat hankintapäätöksensä logististen työkalujen hankkimiseksi. Esimerkiksi KSSHP:n ambulansseissa ja ajojärjestelijällä on käytössään sama kartta- ja paikannussovellus. Sovellukset on hankittu KSSHP:n hankintana. Sovelluksen on tarkoitus tulla käyttöön myös kenttäjohtajalle vuoden 2013 aikana. Sovelluksen avulla on tulevaisuudessa mahdollista karttojen tarkastelu yli sairaanhoitopiirien rajojen. (Lintu 2012)

Nykyisessä hätäkeskustietojärjestelmässä on tieto ambulanssien käytöstä. Kuitenkaan ensihoitokeskuksen tietojärjestelmä ei ole yhteydessä nykyiseen hätäkeskustietojärjestelmään, joten kahdensuuntainen yhteydenpito on välttämätöntä, jotta ambulanssien päällekkäisiä varauksia ei tapahtuisi. Tämä yhteydenpito voi tapauskohtaisesti tarkoittaa järjestelmän tai puhelimen välityksellä käytävää kommunikointia.

4.3 Reititys ja logistiikan optimoinnin hyödyntäminen

Nykyisin on tyypillistä kustannuksien jatkuva kasvu, joka ajaa toimijoita säästöihin. Yksi säästämisen osa-alueista on toiminnan optimointi, jolloin käytettyjen resurssien ja tehdyn työn suhde saadaan mahdollisimman hyväksi. Potilassiirtokuljetuksissa suurimmat ongelmat on nähty ambulanssien kuormituksessa kiireettömien potilassiirtokuljetuksien toteuttamisessa. Potilassiirtojen kustannuksia on käsitelty aliluvussa 2.6 ja kuljetusajoneuvojen käyttöastetta aliluvussa 2.5.

Keski-Suomen sairaanhoitopiirin teettämän selvitystyön (Lintu 2012) mukaan sen alueella tehdään pelkästään ambulansseilla vuosittain 21 000 – 23 000 siirtokuljetusta. Tämän lisäksi siirtokuljetuksia tehdään myös muilla siirtokuljetusajoneuvoilla, takseilla, invataksella ja paritakseilla. On arvioitu, että siirtokuljetuksien määrät tulevat kasvamaan 1-2 % vuosivauhdilla. Tämä lisää logistisen hallinnan, suunnittelun ja myös optimoinnin tarvetta.

Ambulanssien käyttö siirtokuljetuksissa on yleistä, kuten aliluvussa 2.5 on esitetty. Tämä aiheuttaa jatkuvasti ambulanssien ylikuormitusta. Keski-Suomen maakunnan alueella on arvioitu, että useita iltapäiviä viikossa kaikki maakunnan 20 ambulanssia olisivat kuljettamassa potilaita yhtäaikaaisesti (Lintu 2012). Tämä aiheuttaa ambulanssityhjiöitä eripuolille maakuntaa. Ambulanssityhjiöllä tarkoitetaan tilaa, jossa alueen ambulanssit ovat suorittamassa tehtävää, eivätkä välttämättä ole parhaassa mahdollisessa vasteajassa tapaturman sattua alueella. Tämän välttämiseksi siirtokuljetuksien optimoinnilla voitaisiin alueen ambulansseja kuormittaa tasaisesti ja välttää tyhjiöiden syntymistä. Lisäksi muiden kuljetusajoneuvojen kuin ambulanssien käyttö olisi optimoinnin avulla mahdollista.

Optimointilogiikoiden suurimmaksi ongelmaksi nousevatkin niiden muunneltavuus tapauskohtaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että siirtokuljetuksien perusluonne tulisi olla hyvin tiedossa, jotta niiden peruselementit olisi mahdollista tunnistaa. Näin ollen optimointimalleista saataisiin mahdollisimman monikäyttöisiä. Koska siirtokuljetuksissa paketin sijasta siirretään potilasta, on vastuu päätöksistä silti oltava toisella ihmisellä. Potilaan tilan arviointi ja siirtokuljetuksen tarpeet vaativat terveydenhoitoalan tuntemusta. Tietokoneen on hyvin vaikea tehdä päätöksiä, mikäli siirtokuljetus voitaisiin ambulanssin sijaan hoitaa esimerkiksi taksilla. Tämä vaatisi optimointilogiikalta siirtokuljetuksille asetettavia rajoitteita, kuten ominaisuus-, väline- tai aluerajoitukset. Tällöin optimointialgoritmi voisi ilmoittaa käyttäjälle, mikäli siirtokuljetuksen vaatimukset täyttyisivät pelkällä taksilla ilman, että siihen varattaisiin ambulanssiyksikköä tai että jonnekin päin aluetta syntyisi ambulanssityhjiö.

Optimoinnin selvästi helpoin mittari on kustannustehokkuus, sillä muiden potilassiirtojen laatumittauksien tekeminen on haasteellista, kuten aliluvussa 2.1 on esitetty. Keski-Suomen sairaanhoitopiirin alueella on arvioitu, että ambulanssien käyttöä siirtokuljetuk-

sisä voitaiaia vähantää 20–40 % (Lintu 2012). Sairaanhaitopiirin omien ambulanssiaien käytön tehostamisaella vuonna 2011 saavutettiin noin 300 000 euron säästö. Nämä säästöt saavutettiin ambulanssiaien työajan muuttamisaessa liukuviksi ja kuljetuksiaien määrää onnistuttiin lisäämään noin yhdellä lisäkyydillä autoa kohti. Tämä ambulanssiaien käyttöasteen lisääminen optimoinnin avulla on enemmän kuin mahdollista – se on odotettavaa. Tällöin säästöt voivat nousta alueittain huomattavan suuriksi. Esimerkiksi koko Keski-Suomen maakunnan alueella on arvioitu järkevällä siirtokuljetuksiaien suunnittelulla ja kilpailutuksella säästää jopa 2 miljoonaa euroa (Lintu 2012).

Optimoinnin käyttö järjestelmässä tulisi olla suunnittelua tukevaa, jotta käyttäjä voisi tehdä päätökset. Potilasturvallisuuden takaamiseksi optimoinnin tarjoamat vaihtoehtojen tulisi olla ehdotuksia, joita käyttäjä voi hylätä tai hyväksyä. Tätä asiaa on käsitelty laajemmin aliluvussa 6.8.

5 POTILASSIIRTOKULJETUSTEN HALLINNAN JÄRJESTELMÄ

Tässä luvussa käsitellään yleisesti potilassiirtokuljetusten hallinnon järjestelmän ominaisuuksia ja vaatimuksia.

5.1 Käyttöympäristö ja integroituminen ERICA-tietojärjestelmään

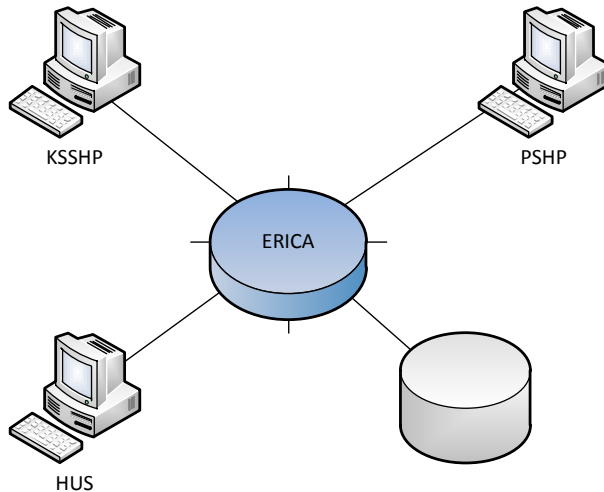
Järjestelmän tarkoituksena on luoda mahdollisuus potilassiirtotehtävien, potilasohjauksen ja potilassiirtojen koordinoimiseen. Järjestelmän käyttäjänä toimii ensihoitokeskusten päivystäjä, joka voi tilanteen mukaan olla ajojärjestelijä tai kenttäjohtaja. Järjestelmän käyttämien tehtävien luominen on mahdollista myös muiden sovelluksien kautta.

ERICA on vuonna 2015 käyttöön otettavan uuden hätäkeskustietojärjestelmän. Uusi hätäkeskustietojärjestelmä korvaa vanhan, elinkaarensa päähän tulleen hätäkeskustietojärjestelmän. ERICA:n on tarkoitus olla käytössä kaikilla hätäkeskustoimijoilla (poliisi, pelastustoimi, sosiaali- ja terveystoimi sekä rajavartiolaitos). Se tarjoaa valtakunnallisen tietokannan hätäkeskustoimijoiden käyttöön nykyisten alueellisten tietokantojen sijaan. Hätäkeskusuudistuksen myötä Suomessa siirrytään 15 alueellisesta hätäkeskuksesta 6 valtakunnalliseen hätäkeskukseen ja hätäkeskusalueeseen (Kuva 5.1).



Kuva 5.1: Hätäkeskusuudistuksen mukaiset hätäkeskusalueet ja -kaupungit (Kuntaliitto, 2012)

Potilassiirtokuljetuksien hallinnan järjestelmä on tarkoitettu käytettäväksi ensihoitokeskuksissa. Se on valtakunnallinen järjestelmä, joka täyttää puutteen yhtenäisestä järjestelmästä ensihoitokeskuksien potilassiirtokuljetuksien hallintaan. Järjestelmä keskittyy vain oman sairaanhoitopiirin potilassiirtojen hallintaan. Kuitenkin ERICA mahdollistaa laajemman yhteistyön sairaanhoitopiirien välillä sitä tarvittaessa (Kuva 5.2).



Kuva 5.2: Sairaanhoitopiirien ensihoitokeskukset ERICA-tietojärjestelmässä

Hallintajärjestelmä käyttää hyväkseen ERICA:n tietojärjestelmän tarjoamia palveluita. ERICA kokoaa yhteen hätäkeskusten käyttämän tiedon. Tietojärjestelmän kautta saadaan esimerkiksi valtakunnallisesti ajan tasalla olevat yksiköiden tiedot. ERICA on valtakunnallinen tietojärjestelmä, joten tulevaisuudessa on mahdollista laajentaa oman alueen potilassiirtojen hallintaa myös muiden alueiden yksiköiden avulla. Lisäksi tietojärjestelmää käytetään potilassiirtokuljetusjärjestelmän tietojen tallennukseen.

5.2 Vaatimusmäärittely

Potilassiirtojen hallinnoinnin järjestelmälle on määritelty kaksi vaatimusta. Näiden vaatimusten perusteella ensihoitokeskuspäivystäjän on kyettävä koordinoimaan potilasohjausta (Taulukko 5.1) sekä hoitolaitossiirtoja (Taulukko 5.2). Vaatimuksissa mainitut tehtävät ovat pyyntöjä tai toteutuvia potilassiirtoja. Resurssit ovat potilassiirtojen kuljetuksiin käytettäviä yksiköitä, kuten ambulansseja.

Ensihoitokeskuksen päivystäjän tulee nähdä järjestelmässään kaikki sen sairaanhoitopiirin potilassiirrot tehtävineen. Näiden avulla päivystäjä pystyy tekemään tilannekuvan potilasohjauksen kattavuudesta ja toteutumisesta. Potilaiden arvioidut saapumisajat hoitolaitoksiin antavat kuvan potilasohjauksen toteutumasta. Tehtävien ja resurssien tiedot tulee näyttää käyttäjälle tarvittaessa. Päivystäjä voi luoda pyynnön potilasohjaukselle määrittelemällä ohjauksen tiedot (pyyntöajat, lähtöpaikan ja kohteen tiedot, kiireellisyyden).

Taulukko 5.1: Vaatimus 1

Kuvaus	Ensihoitokeskuspäivystäjänä voin koordinoida potilasohjausta
Ohjeellinen kuvaus	<p>Alkutilanne: Käytössäni on potilassiirtoja sisältävät tehtävät ja käytössä olevat resurssit niiden hoitamiseen.</p> <p>Näen tehtävät, niiden tiedot (ajat, lähtöpaikan ja suunnittelun kohteen tiedot, kohteen tilan, kiireellisyyden) ja käytössä olevat resurssit ja niiden tiedot (paikat, tilat). Voin määritellä ohjaukset matka-ajat huomioiden ja saada realistisen kuvan ohjauksen toteutumisesta (mil-löin potilaat saapuvat hoitolaitoksiin).</p> <p>Lopputilanne: Potilasohjaus on koordinoitu pyyntöjen osalta.</p>
Lisätiedot	Koordinoi potilasohjauksen oikeisiin hoitolaitoksiin (vältetään edes-takaisin kuljetukset)

Ensihoitokeskuksen päivystäjällä tulee olla mahdollisuus koordinoida hoitolaitosten välisiä siirtoja. Päivystäjä näkee kiireettömät kuljetuspyynnöt ja käytössä olevat resurssit. Käyttäjä voi pyyntöjen avulla luoda kuljetuksia (potilassiirtoja) ja tarkastella niiden toteutumista.

Taulukko 5.2: Vaatimus 2

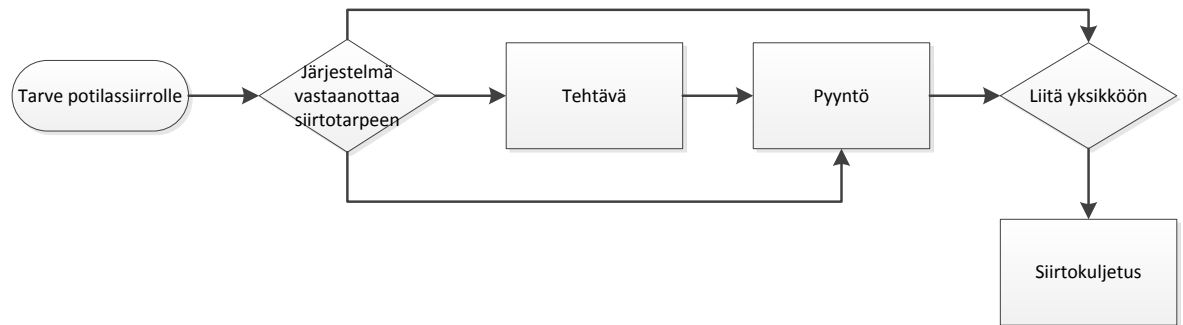
Kuvaus	Ensihoitokeskuspäivystäjänä voin koordinoida hoitolaitossiirtoja.
Ohjeellinen kuvaus	<p>Alkutilanne: Käytössäni on kiireettömät kuljetuspyynnöt ja käytössä olevat resurssit niiden hoitamiseen.</p> <p>Näen pyynnöt, niiden tiedot (pyyntöajat, lähtöpaikan ja kohteen tie-dot, kiireellisyyden) ja käytössä olevat resurssit ja niiden tiedot (pai-kat, tilat). Voin suunnitella kuljetukset aikajanalla matka-ajat huomi-oiden ja saada realistiset kuvan koordinoinnin toteutumista.</p> <p>Lopputilanne: Hoitolaitossiirrot on koordinoitu pyyntöjen osalta.</p>
Lisätiedot	Koordinoi hoitolaitosten väliset siirrot.

5.3 Järjestelmän hallinnoitavat osat

Tässä luvussa käsitellään järjestelmässä esiintyviä hallinnoitavia osia, niiden tietoja sekä toimintoja. Nämä toiminnot ovat objekteille suoraan tehtäviä toimintoja, eivätkä kuvaa riippuvuuksia.

5.3.1 Yleiskuvaus

Järjestelmän on vaatimuksien mukaisesti pystyttävä hallinnoimaan potilassiirtojen tehtäviä, kuljetuspyyntöjä ja siirtokuljetuksia. Näiden kolmen välinen yhteys on esitetty kuvassa (Kaavio 5.1).



Kaavio 5.1: Potilassiirtojen suhde tehtävään, pyyntöön ja siirtokuljetukseen

Taulukko 5.3 kuvaa esimerkkitapausta potilassiirtokuljetuksen muodostumiseksi. Kun järjestelmä vastaanottaa siirtotarpeen voidaan sen pohjalta luoda tehtävä, kuljetuspyyntö tai suoraan siirtokuljetus liittämällä siihen yksikkö. Normaali ketju potilassiirrolle järjestelmässä on luoda ensin tehtävä (Taulukko 5.3: rivi 1), jota seuraa kuljetuspyyntö (rivi 2) ja liittämällä yksikkö pyyntöön muodostuu siirtokuljetus (rivi 3). Liitetty yksikkö suorittaa potilassiirtokuljetuksen ja kuittaa sen suoritetuksi (rivi 4). Tämä edellä mainittu ketju helpottaa siirtokuljetuksien organisointia ja seuranta. Mikäli joku ketjun osista halutaan poistaa, on luonnollista, että siitä jää jäljelle ketjussa sitä edeltävä osa. Näin ollen esimerkiksi poistetusta pyynnöstä jäisi jäljelle tehtävä.

Taulukko 5.3: Esimerkki potilassiirtokuljetuksen muodostumisesta

Nro	Tapahtuma	Kuvaus	Lopputulokset
1	Ensihoitokeskus vastaanottaa tarpeen siirtokuljetukselle	Potilas tulisi siirtää TAYS:sta Nokian terveyskeskukseen 24.10.2013 kello 12:00 mennessä.	Ensihoitokeskuksen päivystäjä luo tehtävän siirrolle TAYS:sta Nokialle 24.10.2013 viimeistään kello 12:00. Tilaaja saa tehtävän tunnuksen.
2	Ajosuunnittelija luo tehtävästä kuljetuspyynnön	Ajosuunnittelija luo pyynnön siirtää potilas TAYS:sta Nokialle. Ajoaika on noin 30minuuttia. Pynnön alkamisajankohdaksi kirjataan 10:45 ja loppuajaksi 12:00.	Pyyntö luotu potilassiirtokuljetukselle TAYS:lta Nokialle 24.10.2013 aikavälille 10:45 – 12:00.
3	Ajosuunnittelija luo siirtokuljetuksen	Ajosuunnittelija luo kuljetuspyynnöstä siirtokuljetuksen liittämällä sen vapaana olevaan yksikköön.	Ambulanssi tunnuksella AMB-112 on liitetty suorittamaan siirtokuljetustehtävää TAYS:lta nokialle 24.10.2013 kello 10:45-12:00.
4	AMB-112 suorittaa kuljetuksen ja kuittaa ensihoitokeskukselle suorittaneensa siirtokuljetuksen	Järjestelmä vastaanottaa tiedon potilassiirtokuljetuksen toteutumisesta.	Järjestelmä merkitsee potilassiirtokuljetuksen TAYS:ta Nokialle 24.10.2013 klo 10:45-12:00 suoritetuksi.

5.3.2 Tehtävä

Tehtävä syntyy, kun potilassiirtokuljetus on tarpeen ja järjestelmä vastaanottaa sellaisen joko suoraan tehtävänä ERICA-tietojärjestelmästä tai itse potilassiirtojärjestelmään syöttämänä. Tehtävä kuvastaa siis tarvetta potilassiirtokuljetukselle. Tehtävän perustietoja on esitetty alla (Taulukko 5.4):

Taulukko 5.4: Tehtävän tiedot

Nimi	Kuvaus	Tietotyyppi
Lähtöaika	Aika, jolloin potilas on aikaisintaan valmiina siirtokuljetukseen.	Aika
Loppuaika	Aika, jolloin potilaan tulisi viimeistään olla kohteessa.	Aika
Lähtöpaikka	Paikka, josta potilaan siirtokuljetus aloitetaan.	Paikka
Kohdepaikka	Paikka, johon potilas siirretään.	Paikka
Kiireellisyys	Ensihoitotehtävän kiireellisyysluokan mukainen siirtokuljetuksen kiireellisyys (oletuksena D-tehtävä)	Vaihtoehtovalinta
Siirtotyyppi	Siirtotyyppi on ennalta määritelty joukko vaihtoehtoja, joilla pystytään kuvaamaan siirtokuljetuksen olevan esimerkiksi kiireetön siirto tutkimukseen, kotiutuskuljetus tai elintoimintojen ylläpitoa vaativa kuljetus. Antaa lisätietoa vaatimuksista siirtokuljetuksessa.	Vaihtoehtovalinta
Kuvaus	Kuvaukseen voidaan vapaasti kirjoittaa tehtävälle olennaisia tietoja. Näitä voivat olla esimerkiksi vaikeasti käsiteltävä potilas tai erityislaitevaatimukset kuljetuksen ajaksi.	Merkkijono
Toiminnot	<ul style="list-style-type: none"> • Uuden luominen • Kuljetuspyynnöksi vieminen • Muokkaaminen • Poistaminen 	

Perustietojen avulla tehtävälle voidaan määrittää potilassiirtokuljetukselle tarvittavat tiedot. Järjestelmän käytön helpottamiseksi toistuvia tietoja, kuten kohdetietoja, tulisi tallentaa järjestelmään esivalittaviksi, jotta ne olisi valittavissa toistuvasti ja järjestelmä esittäytäisi vaadittavat kentät. Esimerkiksi valittu lähtökohde esittäytäisi lähtöpaikan osoitetiedot. Tällöin vältetään yksinkertaisilta virheiltä tehtäviä luodessa.

Lähtöaika ja loppuaika muodostavat niin sanotun pehmeän aikarajan. Nämä muodostavat aikaikkunan, jossa potilassiirtokuljetus tulee suorittaa. Mikäli lähtöpaikan ja kohdepaikan välinen etäisyys on niin suuri, ettei siirtokuljetusta voida suorittaa aikaikkunassa, voi järjestelmä antaa siitä huomautuksen. Lähtöaika ja loppuaika eivät kuitenkaan ole pakollisia, mutta järjestelmän kannalta on helpointa, että edes toinen on määritettynä. Pelkkä lähtöaika määritettynä tehtävä on muotoa ”suoritettava ajanhetken jälkeen” ja pelkkä loppuaika määritettynä ”suoritettava ennen ajanhetkeä”. Ajat voivat kuitenkin

olla myös pelkät päivämäärät, jolloin siirto pyydetään tapahtumaan valitun päivän aikana.

Potilassiirtokuljetuksien samankaltaisuuksien vuoksi tehtävälle on mahdollista määrittää siirtotyyppi. Tämä kertoo siirtokuljetuksen olevan esimerkiksi kotiutuskuljetus tai siirto jatkotutkimuksiin ilman akuuttia hoitotarvetta kuljetuksen aikana. Tällöin tehtävän vastaanottaja pystyy määrittämään siirtokuljetuksen tarpeita, jolloin siirtokuljetus voidaan osoittaa oikeantyyppiselle ajoneuvolle.

Tehtävät toimintoja ovat uuden tehtävän luominen, kuljetuspyynnöksi vieminen, tehtävän muokkaaminen ja poistaminen.

5.3.3 Kuljetuspyyntö

Kuljetuspyyntö eroaa tehtävästä siten, että vaikka tehtävä on järjestelmässä, ei sillä vielä ole merkitystä potilassiirtokuljetuksia suunniteltaessa. Kuljetuspyyntö on tehtävästä muodostettu osa, joka esittää suunnitellun tarpeen kuljetukselle. Kun tehtävästä luodaan kuljetuspyyntö, häviää tehtävä järjestelmästä ja kuljetuspyyntö osoittaa, että tehtävä on huomioitu suunnittelussa. Kuljetuspyynnössä on tehtävän alkuperäiset tiedot (aliluku 5.3.2), mutta niiden lisäksi myös alla esitetyt lisätiedot (Taulukko 5.5).

Taulukko 5.5: Kuljetuspyynnön tiedot

Nimi	Kuvaus	Tietotyyppi
Ajoaika	Reitityspalvelulta saatu ajoaika	Kokonaisluku, minuutteja
Kesto	Aika, joka on saatu yhdistämällä ajoaika sekä jokin ennalta määritelty aika erinäisille toimenpiteille.	Kokonaisluku, minuutteja
Toiminnot	<ul style="list-style-type: none"> • Uuden luominen • Siirtokuljetukseksi vieminen • Muokkaaminen • Poistaminen • Työjärjestyksessä tarkastelu 	

Kuljetuspyynnölle ominaisia tietoja ovat ajoaika ja kesto. Ajoaika määräytyy reitityspalvelulta saadun ajoajan mukaan. Kesto on aika, jossa on huomioituna sekä ajoaika, että siirtotapahtuman kiinteät aikaa vievät toimenpiteet. Yleisesti ottaen potilaan ajoneuvoon siirtäminen ja poistaminen voidaan määritellä vakioajaksi. Aikaan voi kuitenkin vaikuttaa esiasetettu siirtotyyppi, jolloin vaikeasti käsiteltävä potilas lisää kestoa. Yleisesti ottaen kiinteä siirtokuljetukseen lisättävä aika voi olla esimerkiksi 30 minuuttia.

Kuljetuspyyntöjä voidaan viedä siirtokuljetukseksi, muokata, poistaa tai tarkastella työjärjestyksessä. Lisäksi niitä voidaan luoda, jolloin vaatimuksena on täyttää myös tehtävälle vaaditut tiedot.

5.3.4 Siirtokuljetus

Siirtokuljetus on yksikköön sidottu järjestelmän hallinnoitava osa. Se kuvastaa itse siirtotapahtumaa ja sisältää kaikki välttämättömät tiedot potilassiirtokuljetuksen toteuttamiseksi. Siirtokuljetuksen tiedot luodaan pyynnön tietoja käyttäen ja on esitetty alla (Taulukko 5.5):

Taulukko 5.6: Siirtokuljetuksen tiedot

Nimi	Kuvaus	Tietotyyppi
Lähtöaika	Aika, jolloin siirtokuljetus aloitetaan.	Aika
Loppuaika	Aika, jolloin siirtokuljetus on valmis.	Aika
Lähtöpaikka	Paikka, josta potilaan siirtokuljetus aloitetaan.	Paikka
Kohdepaikka	Paikka, johon potilas siirretään.	Paikka
Kiireellisyys	Ensihoitotehtävän kiireellisyysluokan mukainen siirtokuljetuksen kiireellisyys (oletuksena D-tehtävä)	Vaihtoehtovalinta
Siirtotyyppi	Siirtotyyppi on ennalta määritelty joukko vaihtoehtoja, joilla pystytään kuvaamaan siirtokuljetuksen olevan esimerkiksi kiireetön siirto tutkimukseen, kotiutuskuljetus tai elintoimintojen ylläpitoa vaativa kuljetus. Antaa lisätietoa vaatimuksista siirtokuljetuksessa.	Vaihtoehtovalinta
Kuvaus	Kuvaukseen voidaan vapaasti kirjoittaa tehtävälle olennaisia tietoja. Näitä voivat olla esimerkiksi vaikeasti käsiteltävä potilas tai erityislaitevaatimukset kuljetuksen ajaksi.	Merkkijono
Yksikkö	Siirtokuljetuksen toteuttava yksikkö	Yksikkö-luokka
Toiminnot	<ul style="list-style-type: none"> • Uuden luominen • Muokkaaminen • Poistaminen • Työjärjestyksessä tarkastelu • Kartalla tarkastelu 	

Siirtokuljetuksen tiedot eroavat pyynnön ja tehtävän tiedoista siten, että määritellyt ajat ovat tarkkoja ja välttämättömiä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei suorittamiselle enää aikaikkunaa vaan ajat ovat lähtö- ja loppuaikoja siirtokuljetuksen toteuttamiselle. Tiedot ovat suoran annettavissa suorittavalle yksikölle, jolloin yksikkö tietää potilassiirtokuljetuksen tiedot.

Siirtokuljetuksia voidaan luoda uusia, mutta vaatimuksena on täyttää sekä tehtävän, että kuljetuspyynnön vaatimat tiedot. Lisäksi kuljetuspyyntöjä voidaan muokata, poistaa tai tarkastella työjärjestysnäkyvässä.

5.3.5 Yksikkö

Yksikkö on ERICA-tietojärjestelmän tarjoama siirtokuljetuksen toteuttava ajoneuvokokonaisuus. Tämän järjestelmän ei ole tarkoitus hallinnoida tai muokata yksiköiden tietoja. Yksiköt voidaan käsittää olevan järjestelmässä *vain luku*-tyyppisiä. Tämän järjestelmän kannalta yksikölle olennaiset tiedot on listattu alla:

Taulukko 5.7: Yksikön tiedot

Nimi	Kuvaus	Tietotyyppi
Yksikkötunnus	Yksilöivä tunnus	Merkkijono
Sijainti	Yksikön nykyinen sijainti	Paikka
Asemapaikka	Paikka, josta potilaan siirtokuljetus aloitetaan.	Asema-luokka
Tila	Tila kertoo yksikön tilan, joita voivat olla muun muassa <i>vapaa asemalla</i> , <i>matkalla</i> , <i>menossa kohteeseen</i> tai <i>valmis</i> .	Vaihtoehtovalinta
Varausaste	Varausaste kertoo, mikäli yksikkö on varattu kansalaistehtävään hätäkeskuksen toimesta ja näin ollen ei ole käytettävissä potilassiirtokuljetuksiin	Vaihtoehtovalinta
Toiminnot	<ul style="list-style-type: none"> Työjärjestyksessä tarkastelu Kartalla tarkastelu 	

Yksikkötunnus on yksikön yksilöivä tunnus. Sijainti on yksikön sen hetkinen sijainti, jota voidaan käyttää suunnittelussa hyväksi. Asemapaikkaa kuvastaa yksikön asemaa, josta sen useimmin tavoittaa. Tämä helpottaa tulevaisuuden suunnittelua, jolloin esimerkiksi Nokialla kotiasemaansa pitävän yksikön voidaan olettaa olevan tuona päivänä Nokian lähetyvillä. Yksikön tila kertoo sen hetkisen tilan. Varausaste on yksikön tilaan liittyvä käsite, jonka avulla voidaan varmistaa muun muassa onko yksikkö suorittamassa hälytystehtävää.

Yksikön toiminnot ovat yksikön tarkastelu työjärjestyksessä, jotta voidaan saada kokonaiskuva yksikön tehtävistä, sekä yksikön tarkastelu kartalla. Järjestelmän ulkopuoliset yksiköt, kuten taksit, voidaan kuvata yhdellä Taksi-yksiköllä. Tällöin järjestelmässä on helppo tunnistaa milloin taksit suorittavat siirtokuljetusta.

5.3.6 Hoitolaitos

Hoitolaitos kuvastaa todellista hoitolaitosta, joka voi olla esimerkiksi sairaala, terveyskeskus tai vanhainkoti. Hoitolaitos on yksikön lailla ”vain luku”-tyylinen olio. Hoitolaitosta käytetään esittäytämään potilassiirtokuljetuksien lähtö- ja kohdepaikkoja. Hoitolaitoksen tiedot on esitetty alla:

Taulukko 5.8: Hoitolaitoksen tiedot

Nimi	Kuvaus	Tietotyyppi
Nimi	Hoitolaitoksen yleinen nimi	Merkkijono
Osoitetiedot	Hoitolaitoksen osoitetiedot	Paikka
Yhteystiedot	Hoitolaitoksen yhteystiedot	Yhteystieto-luokka
Toiminnot	<ul style="list-style-type: none"> Kartalla tarkastelu 	

Hoitolaitoksilla on yleinen käytettävä nimi, osoitetiedot sekä yhteystiedot, kuten puhelinnumeroita. Hoitolaitokselle tehtävä ainut toiminto on sen kartalla näyttäminen.

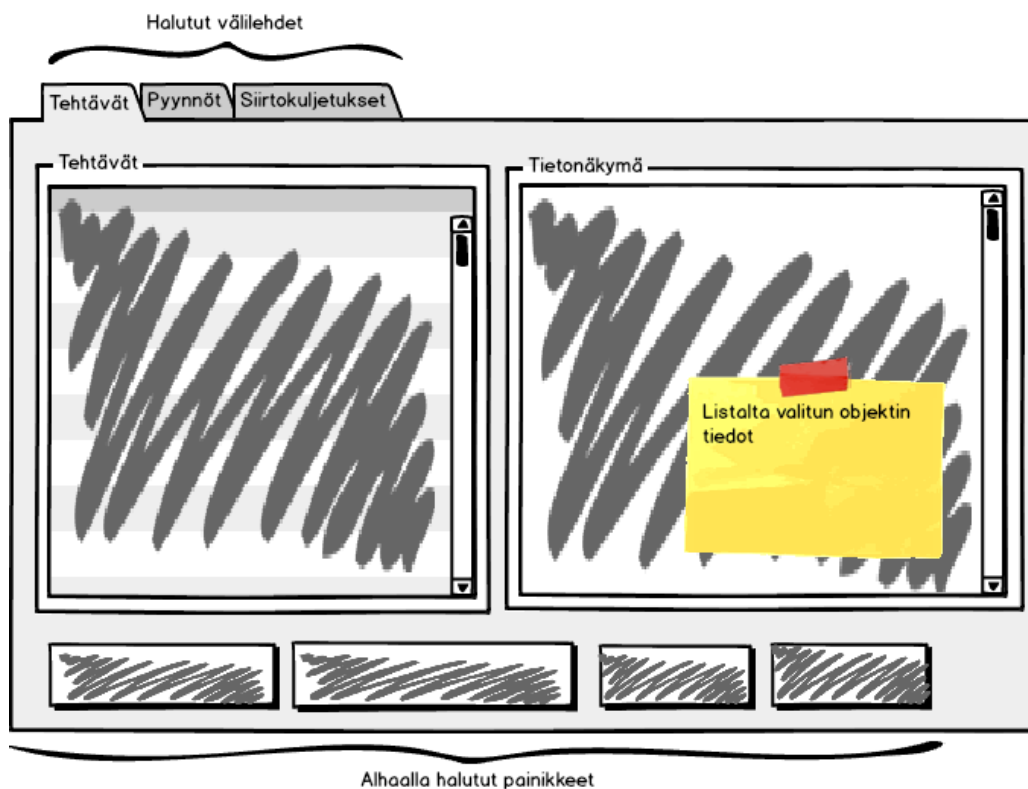
5.4 Käyttötapaukset

Tässä aliluvussa kuvataan järjestelmän vaatimuksien mukaiset käyttötapaukset. Käyttötapauksissa viitataan hallinnoitaviin osiin, joita on esitelty aliluvussa 5.3. Taulukko 5.9 esittää järjestelmälle asetetuista vaatimuksista tunnistetut käyttötapaukset, joiden tarkemmat tiedot löytyvät Liitteestä 1.

Käyttötapauksissa on määritelty normaalit käyttäjätoiminnot järjestelmän hallinnoitaville osille. Tällaisia käyttäjätoimintoja ovat esimerkiksi niiden luominen, tarkastelu, muokkaaminen ja poistaminen. Kuva 5.3 esittää tarkastelunäkymän, jossa vasemmalla on esitetty listanäkymässä tarkasteltavat objektit ja oikealla tietonäkymässä listasta valitun objektin tiedot. Lista- ja tietonäkymän alapuolella on asetettu toimintapainikkeet, joista voidaan luoda, muokata tai poistaa hallinnoitavia osia. Vain resurssien, kuten yksiköiden ja hoitolaitoksien, osalta käyttötapaukset ovat rajattu vain tarkasteluun, sillä nämä hallinnoitavat osat ovat järjestelmässä *vain luku* -tyyppisiä ja niiden hallinta tehdään ERICA:n muissa sovelluksissa.

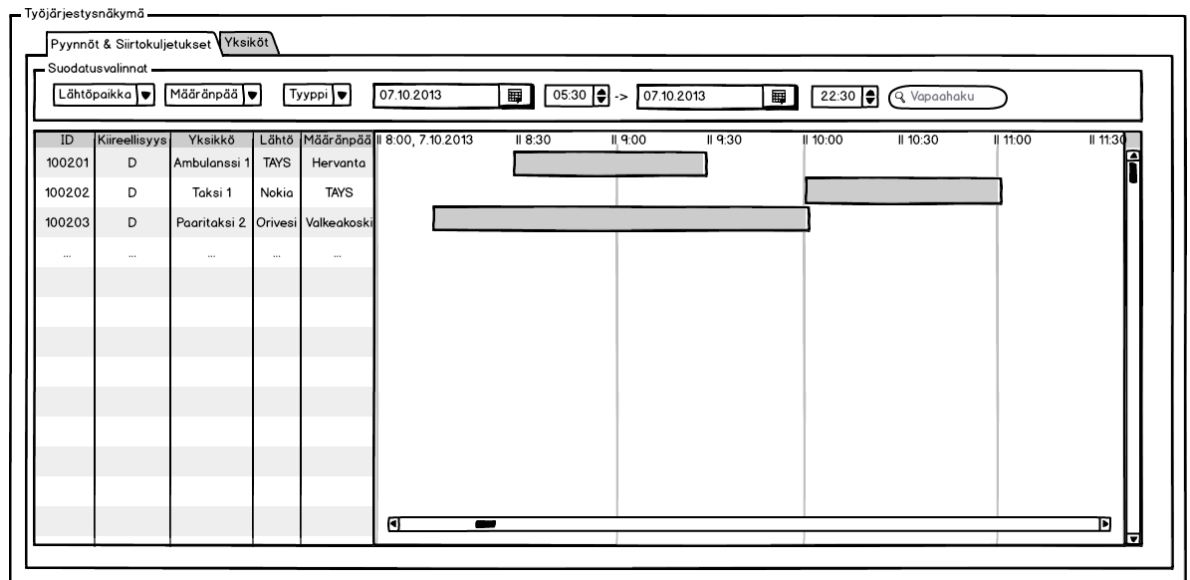
Taulukko 5.9: Vaatimuksien mukaiset käyttötapaukset

Tunniste	Nimi
#TR1	Tarkastele resursseja
#TT1	Tarkastele tehtäviä
#TKP1	Tarkastele kuljetuspyyntöjä
#TSK1	Tarkastele siirtokuljetuksia
#LT1	Luo tehtävä
#MTT1	Muokkaa tehtävän tietoja
#PT1	Poista tehtävä
#LKP1	Luo kuljetuspyyntö
#MKPT1	Muokkaa kuljetuspyynnön tietoja
#PKP1	Poista kuljetuspyyntö
#LSK1	Luo siirtokuljetus
#MSKT1	Muokkaa siirtokuljetuksen tietoja
#PSK1	Poista siirtokuljetus
#TPO1	Tarkastele potilasohjauksen toteutumista
#THS1	Tarkastele hoitolaitossiirtojen toteutumista
#KN1	Kartalla näyttäminen



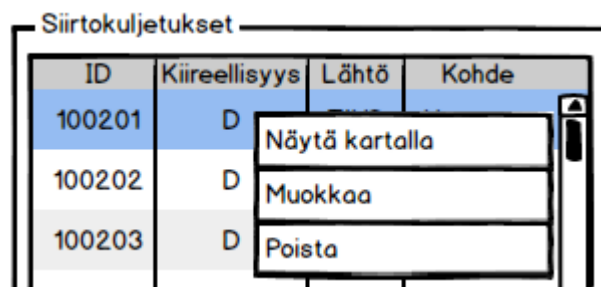
Kuva 5.3: Lista- ja tietonäkymä toimintapainikkeineen

Tilannekuvan kannalta olennaisia käyttötapauksia ovat potilasohjauksen ja hoitolaitos-siirtojen toteutumisen tarkastelut. Näiden tarkastelu tehdään työjärjestysnäkyssä (Kuva 5.4). Näkymän ylälaudassa olevilla suodatuksilla voidaan näkymän tiedot rajata esimerkiksi haluttujen hoitolaitoksien tai aikavälin suhteen.

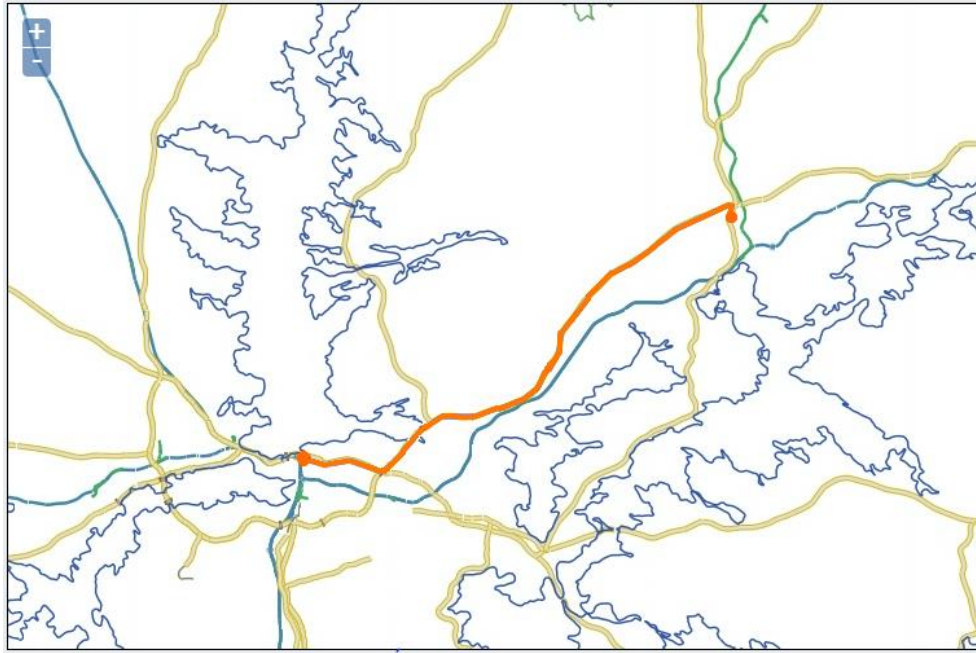


Kuva 5.4: Kuljetuspyyntöjen ja siirtokuljetuksien tarkastelu työjärjestysnäkyästä

Kartalla näyttäminen toteutetaan erilliselle karttasovellukselle. Kartalta näyttäminen voidaan valita listanäkymän objektin kontekstivalikosta (Kuva 5.5). Tällöin karttasovellus näyttää reitin tai kohteen kartalla huomiota herättävällä värillä korostaen (Kuva 5.6).



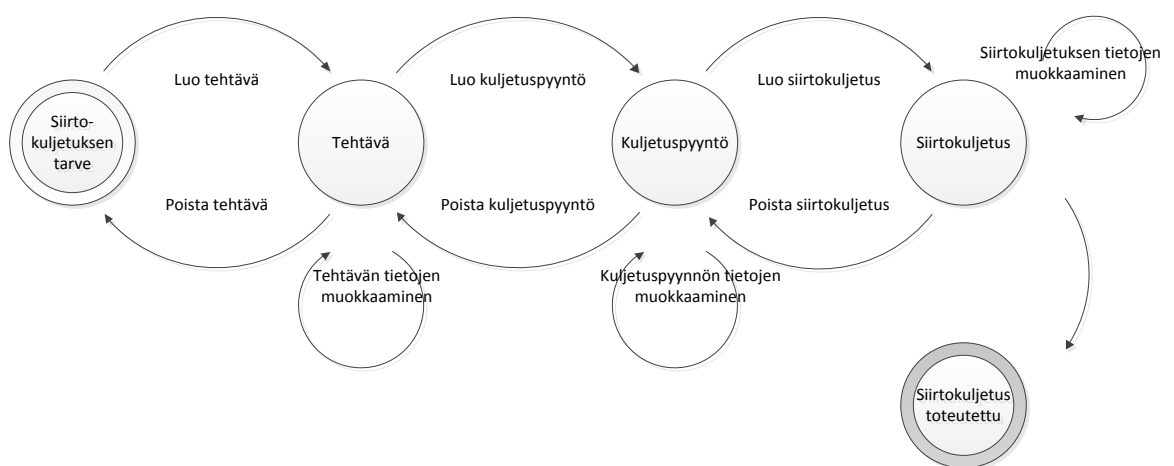
Kuva 5.5: Kontekstivalikko



Kuva 5.6: Reitin ja kohteiden merkitseminen kartalla

5.5 Potilassiirtokuljetusprosessi käyttötapauksilla

Järjestelmän käyttötapaukset on esitelty aliluvussa 5.4. Näiden käyttötapauksien pohjalta on mahdollista havainnollistaa potilassiirtokuljetuksen prosessi (Kaavio 5.2). Tästä prosessista on huomioitavaa se, että käyttäjä pysty palaamaan prosessissa eteenpäin ja taaksepäin, kuten haluamakseen näkee. Tilojen välillä siirtyminen säilyttää tehdyt jo tehdyt tietojen muokkaukset. Edellä mainitulla prosessilla on täysin suoritettavissa aliluvussa 5.3.1 esitetty esimerkki normaalin potilassiirtokuljetuksen käytännöntoteutuksesta.



Kaavio 5.2: Käyttötapauksilla kuvattu potilassiirtokuljetuksen muodostumisprosessin tietovuokaavio

5.6 Tietojen täyttö ja muokkaus erillisnäkylässä

Tietojen täyttäminen järjestelmässä tapahtuu pääsääntöisesti ponnahdusikkunassa. Ali-luvussa 5.3 on esitetty järjestelmän hallinnoitavia osia ja niiden tietoja. Tietojen yhteydessä on määriteltty tietotyyppi, joka määrää syötettävän tiedon muodon. Kuva 5.7 esittää näiden tietotyyppien syöttöä erillisnäkylässä. Pakollinen tieto on merkitty tähtimerkinnällä (*), kuten kuvassa olevat katuosoite ja kunta.

Merkkijono on tavallisin syöttötapa, jolloin käyttäjä voi vapaasti syöttää haluamansa tekstin sille varattuun kettään. Järjestelmä pitää huolen syötettävän tiedon formaatista ja laillisista merkeistä. Syötettävän tiedon vieressä on apu- ja huomioikonit (Kuva 5.8). Kun kursorin kohdistaa näihin ikoneihin, aukeaa ikonin näyttämät tiedot. Apuikonia käytetään kertomaan syötettävän tiedon muoto ja huomioikoni antaa tietoja syötetyn tiedon muodon virheellisyydestä tai pakollisen tiedon puuttumisesta.


Vaihtoehtoivalinta on lomakkeiden täytössä paljon käytetty alasvetovalikko, jota painamalla aukeaa lista vaihtoehtoja. Listan näyttämät vaihtoehdot ovat ennalta määrättyjä eikä käyttäjä pysty valitsemaan listan ulkopuolisia valintoja. Päivämäärän valinnan voi syöttää halutussa muodossa kenttään tai käyttää apuna pientä kalenteria. Kellonaika voidaan valita vierittämällä nuolia käyttäen haluttuun kellonaikaan tai syöttää suoraan oikea kellonaika.

Arvovalintaa on mahdollista käyttää, mikäli on useita ennalta määrättyjä arvoja, joista voi valita yhden tai useampia. Tätä voidaan käyttää esimerkiksi siirtotyyppiä valitessa.

Tietojen täyttäminen erillisnäkylässä

Merkkijono / kokonaisluku ?

Vaihtoehtoivalinta ▼

Päivä- ja kellonaikavalinta 

Kellonaikavalinta ▼

Arvovalinta ☐ Arvo 1
☐ Arvo 2
☐ Arvo 3

Paikan tiedot

Esitäytettävä ▼

Kohteen nimi

Katuosoite *

Kunta *

◀ FEB 2008 ▶

S	M	T	W	T	F	S
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	

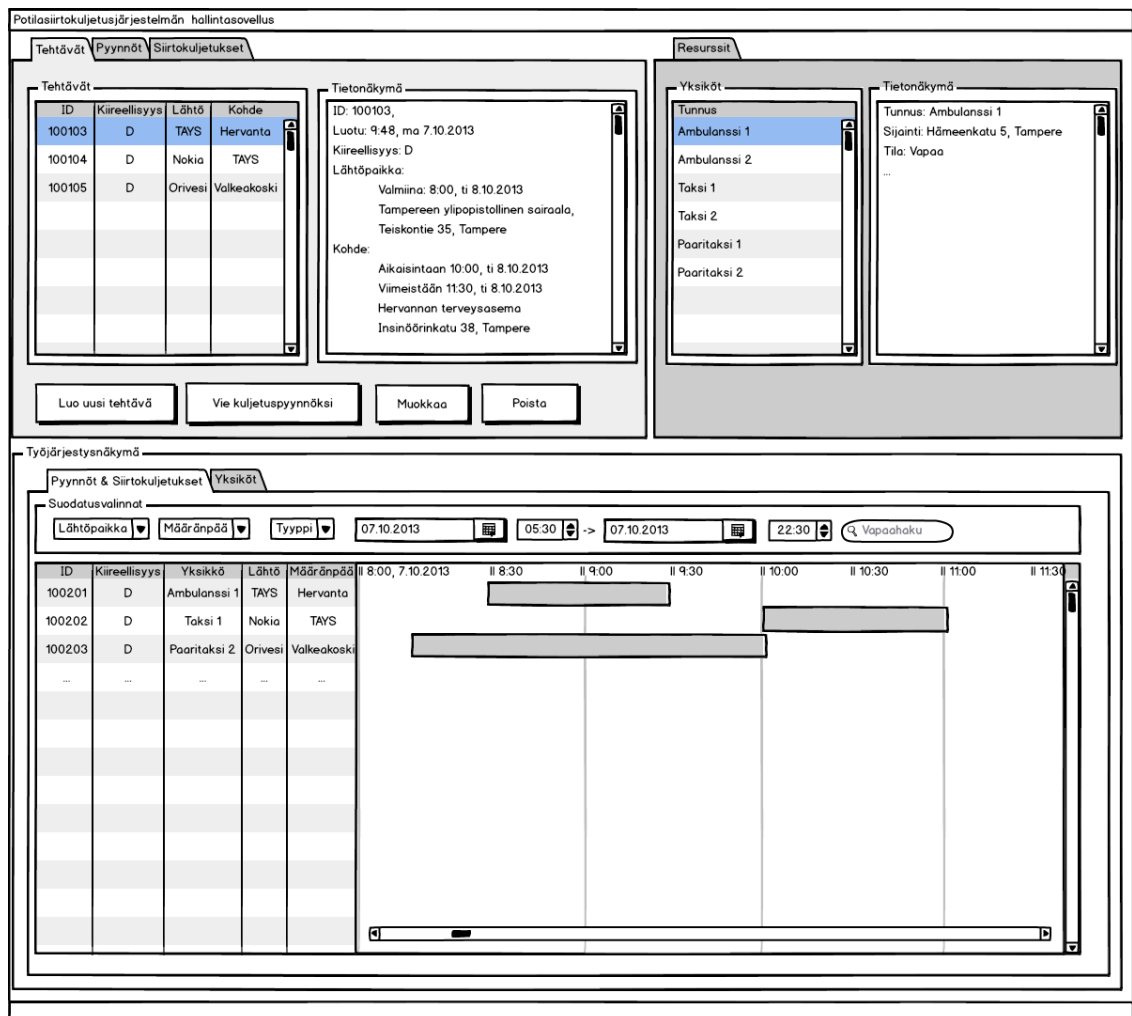
Kuva 5.7: Tietojen täyttäminen erillisnäkylässä



Kuva 5.8: Syöttökentän apu- ja huomioikonit

5.7 Käyttöliittymäkuvaus

Käyttöliittymä on koottu osista, joiden toteutustapaa käsitellään aliluvussa 6.5. Käyttöliittymän eri osien tehtävät on kuvattu käyttötapauksien yhteydessä aliluvussa 5.4. Näistä käyttötapauksien mukaisista vaatimuksista on koottu järjestelmän hallintasovelluksen käyttöliittymä (Kuva 5.9) sekä karttasovelluksen käyttöliittymä.



Kuva 5.9: Hallintasovelluksen käyttöliittymä

Hallintasovelluksen avulla on mahdollista toteuttaa kaikki järjestelmän vaatimuksien mukaiset käyttötapaukset, mutta karttasovellus tukee suunnittelua, sillä logistiikkaa suunniteltaessa on hyvä nähdä kokonaiskuva myös kartalla. Tämä auttaa suunnittelijaa hahmottamaan tekemäänsä suunnitelmaa. Hallintasovelluksen perusideana on kyky tar-

kastella tilanne jatkuvasti, sillä kokonaisnäkymiä on vain yksi, jossa näkyvät aina tehtävien, pyyntöjen tai siirtokuljetuksien näkymät, resurssinäkymä sekä työjärjestysnäkymä.

Potilassiirtokuljetusjärjestelmän hallintasovellus

Tehtävät Pyynnöt Siirtokuljetukset

Tehtävät

ID	Kiireellisyys	Lähtö	Kohde
100103	D	TAYS	Hervanta
100104	D	Nokia	TAYS
100105	D	Orivesi	Valkeakoski

Tietonäkymä

ID: 100103,
Luotu: 9:48, ma 7.10.2013
Kiireellisyys: D
Lähtöpaikka:
Valmiina: 8:00, ti 8.10.2013
Tampereen yliopistollinen sairaala,
Teiskontie 35, Tampere
Kohde:
Aikaisintaan 10:00, ti 8.10.2013
Viimeistään 11:30, ti 8.10.2013
Hervannon terveysasema
Insinöörinkatu 38, Tampere

Resurssit

Yksiköt

Tunnus
Ambulanssi 1
Ambulanssi 2
Taksi 1
Taksi 2
Paaritaksi 1
Paaritaksi 2

Tietonäkymä

Tunnus: Ambulanssi 1
Sijainti: Hämeenkatu 5, Tampere
Tila: Vapaa
...

Luo uusi tehtävä Vie kuljetuspyynnöksi Muokkaa Poista

Työjärjestysnäkymä

Pyynnöt & Siirtokuljetukset Yksiköt

Suodatusvalinnat

Lähtöpaikka Määränpää Tyyppi 07.10.2013 05:30 -> 07.10.2013 22:30 Vapaahaku

ID	Kiireellisyys	Yksikkö	Lähtö	Määränpää	8:00, 7.10.2013	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30
100201	D	Ambulanssi 1	TAYS	Hervanta								
100202	D	Taksi 1	Nokia	TAYS								
100203	D	Paaritaksi 2	Orivesi	Valkeakoski								
...								

Kuva 5.10: Potilassiirtokuljetusjärjestelmän hallintasovelluksen käyttöliittymä

6 POTILASSIIRTOKULJETUSTEN HALLINNAN TOTEUTUS

Tämän luvun tarkoituksena on kuvata järjestelmän toteutusta, jotta luvussa 5 esitetyt vaatimukset ja käyttötapaukset voitaisiin toteuttaa.

6.1 Konfigurointi toimipaikan mukaan

Järjestelmän tulee olla konfiguroitavissa. Konfiguroinnilla tarkoitetaan asetuksien määrittämistä. Konfigurointi voidaan hoitaa parametritiedostojen avulla (Tiedosto 6.1). Tämä tiedosto luetaan käynnistysaikaisesti käyttäen `java.util.properties` -luokkaa. Käynnistyessä voidaan lukea esimerkiksi toimipaikan valinta, jolloin ohjelmisto osaa ottaa käyttöön toimipaikkakohtaiset asetukset ja suodatuksset. Toimipaikkakohtaisia asetuksia voivat olla esimerkiksi käyttöliittymän kieli tai kellonaikojen formaatit.

```
# kielivalinta
lang = fi_FI

# kellonajan formaatti
time.format = HH:mm
date.format = dd.MM.yy

# toimipaikan valinta suodatuksia varten
ehk.id = PSHP
```

Tiedosto 6.1: Konfigurointitiedosto

Koska toimipaikalla on tarkoitus hallinnoida vain oman alueensa resursseja, kuten yksiköitä, tulee sovelluksessa olla toimipaikkakohtaiset suodatuksset tehtäville, pyynnöille ja yksiköille. Yksiköillä on tieto siitä, minkä ensihoitokeskuksen alueella ne toimivat.

6.2 Käyttäjänhallinta

Hallintasovellukseen kirjaudutaan käyttäjätunnuksella. Käyttäjän tunnistus ja hallinta hoidetaan ERICA:n käyttäjätunnistuksella ja -hallinnalla. Järjestelmä ei vaadi muutoksia ERICA:n käyttäjähallintaan. Hallintasovellusta käyttäjille on tarkoitus luoda henkilökohtaiset käyttäjätunnukset, jotta järjestelmään jää tiedot hallintasovellusta käyttävistä henkilöistä. Sovellus pyytää käyttäjää kirjautumaan sisään käynnistettäessä. Ohjelmiston käynnistys vaatii sisään kirjautumisen.

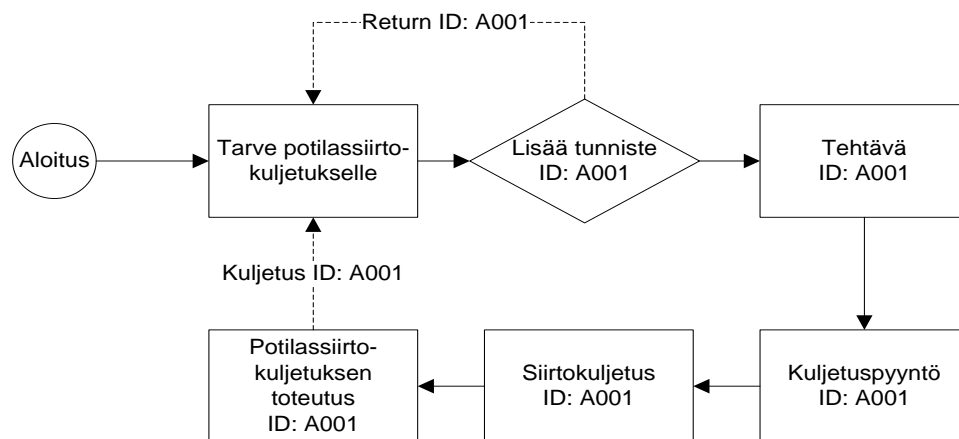
Potilassiirtokuljetusjärjestelmä vaatii käyttäjähallinnalta tietoa järjestelmän sen hetkisestä käyttäjästä. Lisäksi tehtäviin, pyyntöihin ja siirtokuljetuksiin kirjataan niitä käsitelleen käyttäjän tiedot, jotta myöhemmin pystytään seuraamaan potilassiirtoketjun toteutumista.

6.3 Järjestelmän objektien hallinta

6.3.1 Objektin tunnistus

Potilassiirtokuljetusjärjestelmä on läheisesti tekemisissä potilastietoihin liittyvien tietojen kanssa. Näin ollen järjestelmän tulee taata potilastietosuoja kaikissa tilanteissa. Tämän helpottamiseksi järjestelmä käyttää hallinnoitavien osien, kuten tehtävien, kuljetuspyyntöjen ja siirtokuljetuksien, tunnistamiseen yksilöivää tunnistetta, ID:tä.

Järjestelmän tunnisteiden avulla potilas voidaan yhdistää siirtokuljetukseen. Kun hallinnoitava osa luodaan järjestelmään, luodaan sille samalla tunniste. Tämä tunniste säilyy järjestelmässä koko käsiteltävän prosessin ajan (Kuvaaja 6.1). Tällöin tehtävä voidaan yhdistää kuljetuspyyntöön ja sitä kautta myös siirtokuljetukseen. Tämä tunniste voidaan antaa ulkopuoliselle taholle, kuten potilassiirtokuljetuksen tilaajalle. Näin ollen järjestelmän ei tarvitse säilyttää tai ylläpitää potilastietoja ja kuljetusta toteuttava yksikkö voi käyttää tunnistetta saapuessaan suorittamaan siirtokuljetusta hoitolaitokseen.



Kuvaaja 6.1: Havainnollistama prosessikuvaus tunnisteiden käytöstä järjestelmässä

6.3.2 Historiatietojen hallinta

Järjestelmän yksi olennaisista osista on historiatietojen tarkastelu. Vaikka siirtokuljetus poistuisi järjestelmän listanäkymistä, kun se on toteutettu, ei se kuitenkaan poistu järjestelmästä. Listanäkymät eivät näytä jo suoritettuja siirtokuljetuksia (aliluku 6.6.1). Sen sijaan työjärjestysnäkyvässä säilyvät myös suoritettut potilassiirtokuljetukset (aliluku

6.6.3). Tällöin niitä voidaan myöhemmin tarkastella järjestelmässä asettamalla työjärjestysnäköymän aikavalinnat menneisyyteen.

6.4 Sovelluksen osat

Käyttöliittymän rakenne on yksinkertainen, sillä sen ytimenä toimivat hallinnan sovellus sekä karttasovellus. Nämä sovellukset kommunikoivat yhteisen rajapinnan kautta siten, että Presenter kutsuu IMapService-rajapintaa, jolloin MapController suorittaa tarvittavan kutsun (Kaavio 6.1). Nämä kutsut voivat olla esimerkiksi kohteen, yksikön tai siirtokuljetuksen ajoreitin näyttämistä kartalla. Presentereitä käsitellään tarkemmin aliluvussa 6.5.



Kaavio 6.1: Hallintasovelluksen ja karttakontrollerin välinen kommunikointi

Hallintasovelluksen kautta käyttäjä voi suorittaa kaikki tarvittavat toiminnot ja käyttötapaukset. Karttasovelluksen käyttö ei ole ydintoimintojen kannalta välttämätön, mutta sen antama visuaalinen tieto auttaa suunnittelussa.

Aliluvussa 5.7 esitetty käyttöliittymäkuvaus selventää sovelluksen rakennetta. Hallintajärjestelmää käytetään pääsääntöisesti työpöytäsovelluksella, jonka avulla käyttäjä voi suorittaa määriteltyjä käyttötapauksia. Sovellus tullaan toteuttamaan Java-ohjelmointikielellä ja käyttöliittymä rakennetaan JavaFX-käyttöliittymäkirjastoa hyödyntäen. Käyttöliittymään pyritään käyttämään mahdollisimman paljon jo valmiina olevia käyttöliittymäkomponentteja ja -moduuleja, kuten listoja ja karttaa.

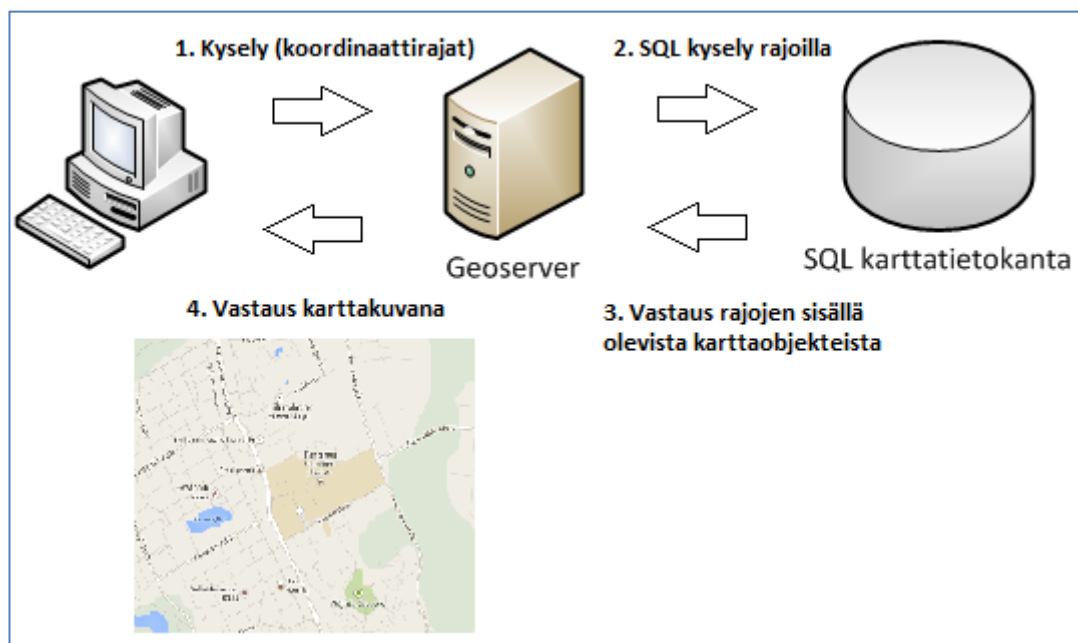
6.4.1 Hallintasovellus

Hallintasovelluksen on tarkoitus toteuttaa kaikki käyttötapaukset. Sen tärkeimmät osat ovat tehtävien-, pyyntöjen- ja yksiköiden listaus, resurssien listaus sekä työjärjestysnäköymä. Listauksissa on kyseisen toimipaikan suodatukset, jotta toimipaikka pystyisi hallinnoimaan vain oman alueensa siirtokuljetuksia.

Työjärjestysnäköymä (aliluku 6.6.3) on hallintasovelluksen merkittävin osa, sillä se näyttää jo suunnitellun potilasohjauksen sekä kuljetukset. Samassa näkymässä on mahdollisuus vaihtaa välilehdillä siinä näytettäviä tietoja. Hallintasovelluksen käyttöliittymän eri osia käsitellään enemmän aliluvussa 6.6.

6.4.2 Karttasovellus

Tässä järjestelmässä karttana käytetään ERICA:n sovelluksissa käytettyä karttasovellusta. Karttasovelluksen käyttämät karttapohjat tulevat TuKa:sta, jonka karttapalvelin tarjoaa WMS-rajapinnan (Web Map Service, WMS) karttasovelluksen karttamoottorin käyttöön. WMS-rajapinta palauttaa kuvan alueesta, jonka pyynnön tekijä on halunnut kartalta koordinaattien perusteella rajattavan (Kuva 6.1). Karttapalvelin (geoserver) prosessoi kuvan sen käytössä olevasta karttatietokannasta. Kuvan saa halutussa formaatissa, joihin kuuluvat muun muassa PNG- ja JPG-kuvatiedostotyypit.



Kuva 6.1: Karttapalvelimen toiminta

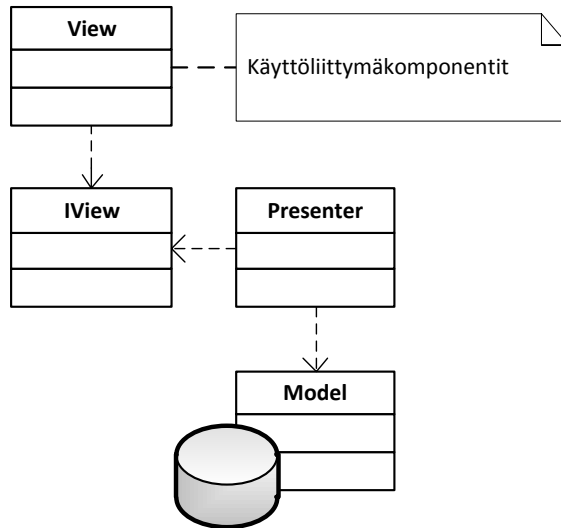
Karttasovellus tulee pyörimään erillisessä sovellusikkunassa, jolloin järjestelmän sovelluksia on mahdollista käyttää kahdella näytöllä niin, että hallintasovellus on yhdellä ja kartta toisella näyttöpäätteellä.

6.5 Käyttöliittymän toteutus

Käyttöliittymä muodostuu widgeteistä. Widgetit ovat osakokonaisuuksia, jotka voidaan sulauttaa käyttöliittymään toimimaan yksin tai suurempana kokonaisuutena. Niiden avulla käyttöliittymä saadaan modulaariseksi. Widgetin perusidea on sen Model-, View- ja Presenter -luokissa (Kuvaaja 6.2). Tätä rakennetta kutsutaan Model-View-Presenter-malliksi (MVP) (Boodhoo, J. P. 2006). Tässä työssä model kuvaa tietomallia, view kuvaa näkymää ja presenter esittäjää.

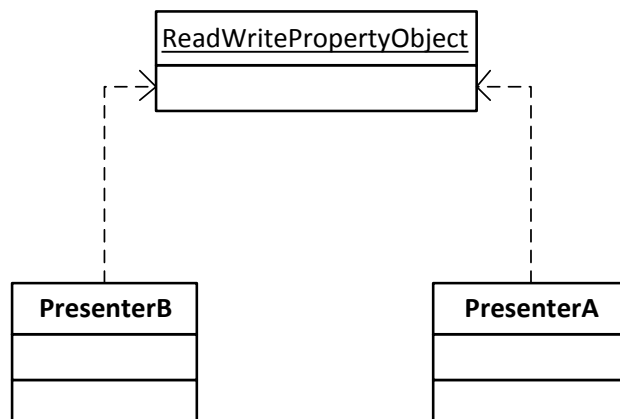
Presenter lukee ja kirjottaa modelissa tapahtuvia muutoksia. Presenter sisältää käyttöliittymässä käytettävän logiikan, jolloin presenter tekee tarvittavat muutokset ja välittää nämä käyttöliittymää hallinnoivalle View-luokalle.

View-luokka on widgetin uloin kuori, käyttöliittymä. IView-rajapintaa käytetään presenterin ja viewin väliseen kommunikointiin. Viewissä tapahtuvat muutokset välitetään presenterille. Tällaisia käyttöliittymässä tapahtuvia muutoksia ovat kaikki käyttäjätoiminnot, kuten napin painalluksen ja tietojen syötöt. View-luokalla on jäsenmuuttujinaan käyttöliittymäkomponentteja.



Kuvaaja 6.2: MVP-mallin mukainen käyttöliittymän widgetin rakenne

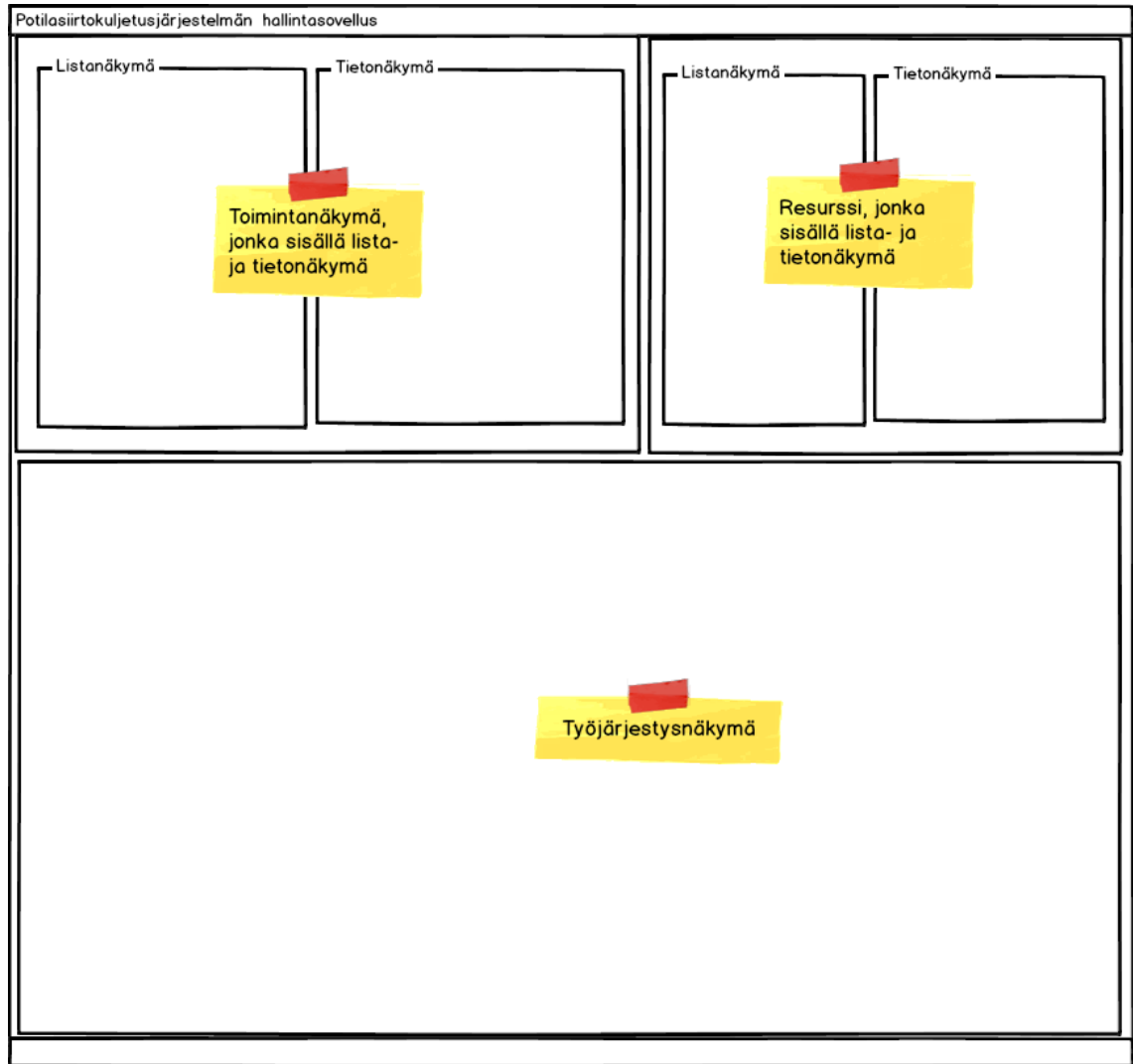
Widgettien välinen kommunikointi tapahtuu erilaisten Property-luokkien kautta. Propertyilla on kirjoitus- tai lukuoikeudet. Alla olevassa esimerkissä molemmilla presentereilla on kirjoitus- ja lukuoikeudet ReadWritePropertyObjectiin (Kaavio 6.2). Näin ne pystyvät kommunikoimaan keskenään propertyn kautta asettamalla siihen esimerkiksi listasta valitun yksikön luokkaobjektin.



Kaavio 6.2: Widgettien välinen kommunikointi

6.6 Käyttöliittymän osat

Tässä aliluvussa on kuvattu käyttöliittymässä käytettävien osien toimintaa. Nämä osat koostavat hallinnan käyttöliittymän. Havainnollistava kuva käyttöliittymästä on esitetty alla (Kuva 6.2). Tässä ylhäällä vasemmalla on toimintanäkymä, jonka sisällä on lista- ja tietonäkymä. Resurssinäkymä sen vieressä oikealla on hyvin samankaltainen. Lisäksi käyttöliittymän alaosaan on sijoitettu työjärjestysnäköymä.



Kuva 6.2: Käyttöliittymän osien sijoittuminen käyttöliittymällä

6.6.1 Lista- ja tietonäkymä

Listanäkymät ovat yleisesti käytettyjä komponentteja ERICA:n muissa sovelluksissa. Listanäkymä on yksi widgetti, joka muodostuu suodatusvalinnoista ja listasta. Sen uudelleentoteuttaminen ei ole välttämätöntä, mutta listojen suodatukset tulee toteuttaa potilassiirtojärjestelmän vaatimuksien mukaisesti. Listanäkymän passiiviset suodatukset suodattavat valmiiksi toimipaikan asetuksien mukaisesti. Näitä passiivisia suodatuksia ei voi muokata ja ne ladataan käynnistysaikaisesti, kuten on kuvattu aliluvussa 0. Lis-

tanäkymien aktiivisia perussuodatuksia ovat vapaahaku, sekä sen lisäksi voidaan määrittellä haku kohdistumaan yhteen sarakkeeseen (Kuva 6.3). Suodatushaut tarjoavat mahdollisuuden tarkastella listanäkyvästä vain oleellisia tietoja. Listanäkymät kuuntelevat malliobjektien muutoksia ja reagoivat niihin, eikä vaadi käyttäjältä toimia päivittämiseksi.

The screenshot shows a web application interface for managing patient transfers. At the top, there are three tabs: 'Tehtävät' (Tasks), 'Pyynnöt' (Requests), and 'Siirtokuljetukset' (Transfer transports). Below the tabs is a 'Suodatusvalinnat' (Filter selections) section with a dropdown menu set to 'Kiireellisyys' (Urgency) and a search input containing 'D'. The main area is divided into two panels: 'Tehtävät' (Tasks) on the left and 'Tietonäkymä' (Data view) on the right.

The 'Tehtävät' panel contains a table with the following data:

ID	Kiireellisyys	Lähtö	Kohde
100103	D	TAYS	Hervanta
100104	D	Nokia	TAYS
100105	D	Orivesi	Valkeakoski

The 'Tietonäkymä' panel displays detailed information for the selected task (ID: 100103):

- ID: 100103,
- Luotu: 9:48, ma 7.10.2013
- Kiireellisyys: D
- Lähtöpaikka:
 - Valmiina: 8:00, ti 8.10.2013
 - Tampereen yliopistollinen sairaala,
 - Teiskontie 35, Tampere
- Kohde:
 - Aikaisintaan 10:00, ti 8.10.2013
 - Viimeistään 11:30, ti 8.10.2013
 - Hervannan terveysasema
 - Insinöörinkatu 38, Tampere

At the bottom of the interface, there are four buttons: 'Luo uusi tehtävä' (Create new task), 'Vie kuljetuspyynnöksi' (Export to transport request), 'Muokkaa' (Edit), and 'Poista' (Delete).

Kuva 6.3: Lista- ja tietonäkymä ja listanäkymän aktiivinen suodatus

Listanäkymästä valitun objektin tiedot näkyvät oikealla tietonäkymässä (Kuva 6.3). Tietonäkymän näytettävät tiedot ja niiden muoto on määriteltävissä tapauskohtaisesti.

Listanäkymän yksi listaobjekti indikoi värejä ja ikoneita käyttäen objektien tilaa. Uuden tarkastelemattoman listaobjekti indikoidaan haalealla värillä. Kuva 6.4 esittää listaa, jossa on uusi objekti vihreällä. Tämä väri poistuu, kun objektia on tarkasteltu. Virhe tai poikkeama listaobjektissa ilmoitetaan huomiota herättävällä värityksellä sekä pienellä huomioikonilla (Kuva 6.4). Tämän tarkemmat tiedot saadaan näkyviin pitämällä kursorin kohdistuksen ikonin päällä. Tällaisia virhetapauksia tai poikkeamia voivat olla esimerkiksi päällekkäiset siirtokuljetukset, kansalaistehtävään hälytetty yksikkö tai viivästynyt siirtokuljetus.

ID	Kiireellisyys	Lähtö	Kohde
100201	D	TAYS	Hervanta
10020	D	Nokia	TAYS
10020	D	Orivesi	Valkeakoski

Kuva 6.4: Listaobjektin huomiovärit ja ikoni

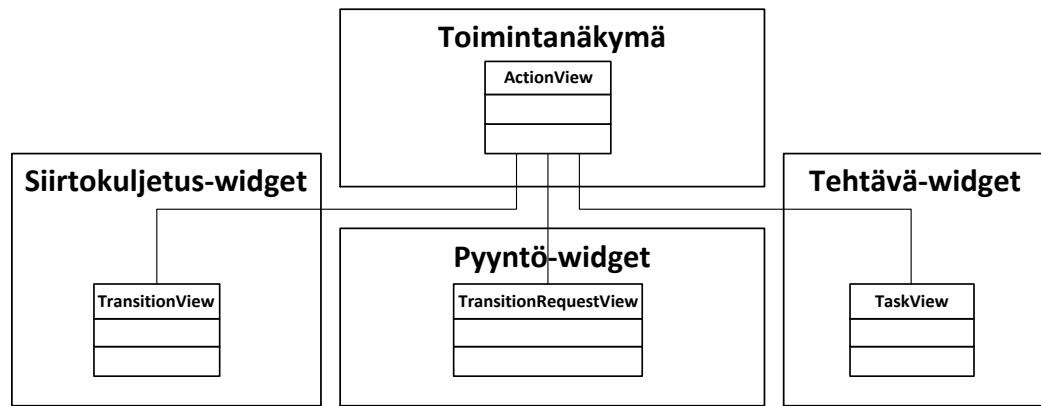
Listaobjektin toiminnot voi nähdä kontekstivalikosta painamalla hiiren oikeaa näppäintä listaobjektin päällä (Kuva 6.5). Tästä valikosta voidaan valita listaobjektiin liittyviä normaaleja siirtokuljetusprosessin mukaisia toimintoja sekä pyynnön, siirtokuljetuksen ja yksikön tapauksessa näyttämisen työjärjestysnäkyvässä. Työjärjestysnäkyvää kuvataan tarkemmin aliluvussa 6.6.3 ja eri listaobjektien toiminnot aliluvussa 5.3.

ID	Kiireellisyys	Lähtö	Kohde
100201	D		
100202	D		
100203	D		

Kuva 6.5: Listaobjektin kontekstivalikko

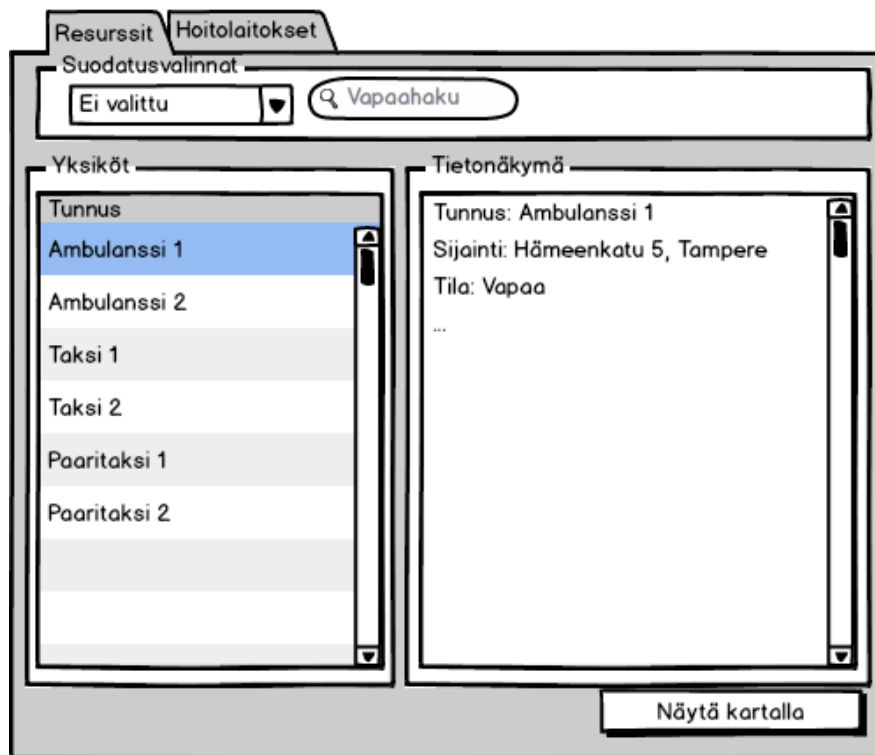
6.6.2 Toiminta- ja resurssinäköymä

Toimintänäköymän kautta hallinnoidaan tehtäviä, pyyntöjä ja siirtokuljetuksia. Kaikki nämä ovat valittavissa tarkasteltavaksi ja niitä voidaan luoda, muokata tai poistaa käytötapausten mukaisesti (aliluku 5.4). Toimintänäköymä on yksi widgetti, joka koostuu välilehdillä olevista muista widgeteistä (Kuva 6.6). Tehtävät, pyynnöt ja siirtokuljetukset kukin muodostavat omat widgettinsä, jotka ovat osa toimintänäköymää.



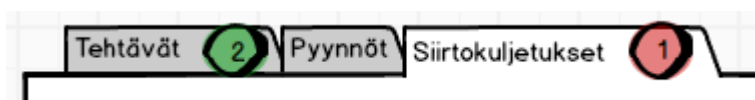
Kuva 6.6: Toimintanäkymän muodostuminen widgeteistä

Resurssinäkymä on hyvin samankaltainen toimintanäkymän kanssa (Kuva 6.7). Se listaa yksiköt ja hoitolaitokset. Resursseja ei järjestelmän kautta voida lisätä tai muokata, sillä ne tulevat ERICA-tietojärjestelmästä.



Kuva 6.7: Resurssinäkymä

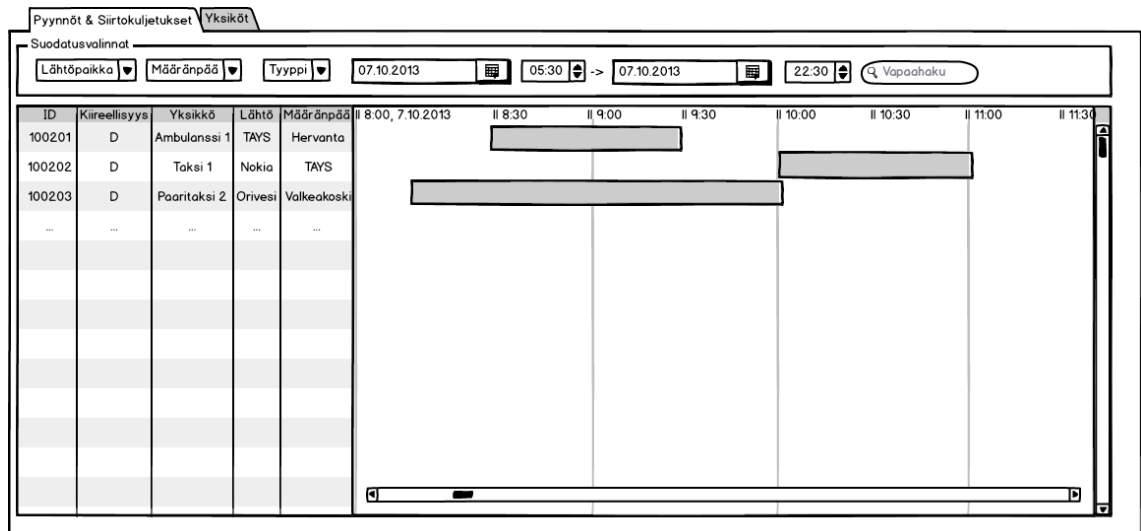
Näkymän sisäisten lista- ja tietonäkymien tarkasteltavaa näkymää voidaan vaihtaa välilehtien avulla. Välilehdet myös indikoivat aliluvussa 6.6.1 on esitetyt uusien listaobjektien ja poikkeamien lukumäärät (Kuva 6.8). Tällöin käyttäjän on helppoa tarkkailla esimerkiksi siirtokuljetuksien virhetilanteita.



Kuva 6.8: välilehdellä näkyvät uudet tehtävät ja siirtokuljetuksien virheet

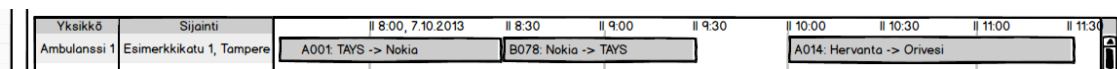
6.6.3 Työjärjestysnäkömä

Työjärjestysnäkömä on hallintasovelluksen alaosassa sijaitseva käyttöliittymän osa, joka havainnollistaa jo suunniteltuja pyyntöjä sekä potilassiirtoja (Kuva 6.9). Työjärjestysnäkömää käytetään tarkastelemaan suunnitelmien toteutumista. Näkömön eri välilehdillä ovat yksiköt sekä yhdistettynä suunnitellut pyynnöt ja siirtokuljetukset. Yksiköiden työjärjestysnäkömällä on kullakin rivillä yhdelle yksikölle suunnitellut siirtokuljetukset aikajanalla, jolloin sitä voidaan käyttää suoraan yksiköiden työvuorosuunnittelussa. Pyyntöjen ja siirtokuljetuksien näkömässä esitetään riveittäin kaikki pyynnöt ja siirtokuljetukset. Tämän näkömön yhtenä merkittävänä toiminnallisuutena on yläpuolella oleva suodatus, jossa voidaan suodattaa halutun lähtöpaikan, määränpään, ajan, tyyppin (pyyntö tai kuljetus) ja/tai vapaan haun mukaan. Tällöin työjärjestysnäkömä suodattaa näkyviin vain halutut suodatuskriteerit täyttävät rivit. Käyttäjä voi näin ollen tarkastella esimerkiksi haluttuun hoitolaitokseen suunnitellut potilassiirrot ja koordinoita niitä tarpeen mukaan.



Kuva 6.9: Työjärjestysnäkömä

Työjärjestysnäkömön toisella välilehdellä on yksiköiden työjärjestys. Siinä on esitetty listaobjekteina yksiköt, sen tiedot ja aikajanalla sille osoitetut siirtokuljetukset (Kuva 6.10).



Kuva 6.10: Yksikkö työjärjestysnäkömässä

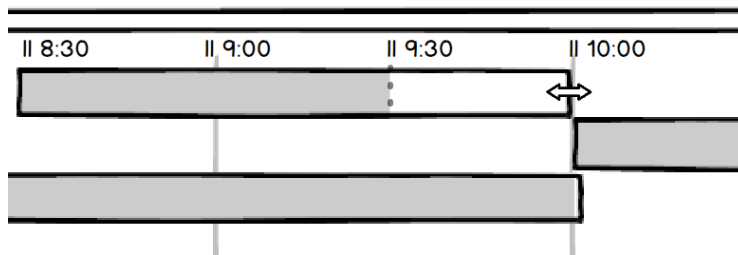
Työjärjestysnäkömä on täysin uusi moduuli. Sen ydin on *Gantt chart* –tyyppinen taulukkonäkömä. Esimerkki *Ganttchartista* on esitetty alla (Kuva 6.11). Taulukkonäkömä kuvaa yhdellä rivillä listaobjektin haluttuja tietoja. Pylväät osoittavat keston aikajanalla. Tämän tyyllisestä näkömästä on helppoa nähdä työjärjestyksessä olevat päällekkäisyydet

ja epäjohdonmukaisuudet. *Gantt chart* -käyttöliittymäkomponenttia ei JavaFX- kirjastosta löydy, joten se on toteutettava itse.



Kuva 6.11: Gantt-chart -esimerkki yksiköllä ja siirtokuljetuksilla

Työjärjestyksen listaobjektien muokkaaminen työjärjestysnäkyvästä on mahdollista kaksoispainalluksella yhden rivin päällä, jolloin kyseisen rivin tiedot aukeavat muokattavaksi kuten aliluvun 5.4 muokkauksien käyttötapauksissa on mainittu. Edellä esitetyn kuvan esimerkissä aukeaisi siirtokuljetuksen tai pyynnön tiedot uudessa ponnahdusikkunassa. Listaobjektien aikojen muokkaaminen onnistuu myös *Gantt chart*-pylvästä venyttämällä (Kuva 6.13). Järjestelmä huolehtii että muokkaukset ovat mahdollisia ja varmistaa ponnahdusikkunalla muutoksen tekemisen vahinkojen välttämiseksi. Muutoksen voi estää arvioitu ajoaikaa pienempi kesto aika tai päällekkäisyydet.



Kuva 6.12: Gantt chart --pylvään muokkaaminen

6.7 Siirtokuljetuksien välitys ja vastuut

Suunnitellut siirtokuljetukset tulee välittää niille suunnitelluille yksiköille. Yksikön vastuuseen kuuluu välittää tietoa ensihoitokeskukseen siirtokuljetuksen tilasta varsinkin poikkeustilanteissa. Mikäli yksikkö ei pysty suoriutumaan siirtokuljetuksesta, tulee sen ilmoittaa siitä viipymättä ensihoitokeskukselle. Näin siirtokuljetuksien suunnittelija voi siirtää tehtävän toiselle yksikölle.

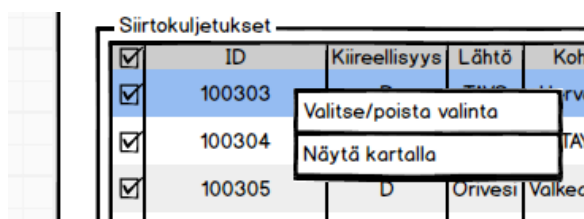
Siirtokuljetuksien välitys suorittavalle yksikölle tapahtuu ambulanssien tapauksessa viranomaisradioverkon (VIRVE) välityksellä. VIRVE-päätelaitteelle on mahdollista lähettää SDS-viesti, joka on normaalin matkapuhelinverkon SMS-tekstiviestin kaltainen. Viestissä on voidaan antaa yksikölle tarvittavat tiedot siirtokuljetuksien toteuttamiseen. Lisäksi VIRVE-päätteiltä voidaan lähettää yksikön tilaan liittyviä tieto esimerkiksi milloin yksikkö aloittaa siirtokuljetuksen tai milloin se on suoritettu. Potilassiirtokuljetusjärjestelmä pystyy ERICA:n kautta seuraamaan yksiköiden tiloja. Näin suunnittelijalla pysyy yllä tilannekuva siirtokuljetuksista.

Kaikilla yksiköillä ei ole käytössään VIRVE-päätelaitetta. Tällöin on turvauduttava matkapuhelinverkkoon ja muihin viestintämuotoihin, kuten sähköposteihin ja suulliseen kommunikointiin. Ensihoitokeskuksen päivystäjän tulee varmistua esimerkiksi taksin tilauksen yhteydessä, että taksikeskus on yhteydessä ensihoitokeskukseen poikkeustilanteissa.

6.8 Logistiikan optimoinnin hyödyntäminen

6.8.1 Optimoinnin vaikutus prosessiin

Reitityksen optimointia on helpointa hyödyntää pyyntöjen käsittelyssä, kun luodaan siirtokuljetuksia. Optimointiin pitää pystyä valitsemaan halutut kuljetuspyynnöt ja käytettävät yksiköt. Tällöin optimointilogiikka voi tehdä ehdotuksia kustakin pyynnöstä. Valittujen yksiköiden yhteensopivuus kuljetuspyyntöjen kanssa jää käyttäjän vastuulle. Käyttäjän tulee voida valita siirtokuljetusehdotuksia yksitellen tai koko joukon käyttämällä valintalaatikoita (Kuva 6.13). Kontekstivalikon ”Näytä kartalla”-painikkeella karttasovellus näyttäisi valitut siirtokuljetukset reitteineen. Hyväksymällä valinnat muuttuisivat kyseisiä valintoja vastaavat pyynnöt siirtokuljetuksiksi järjestelmään.



Kuva 6.13: Lista- ja työjärjestysnäytteen objektien valintalaatikko ja kontekstivalikko

Optimoinnin hyödyt potilassiirtokuljetuksen logistiikkaa suunniteltaessa ovat ilmeiset. Niiden avulla voidaan suuri määrä potilassiirtokuljetuksia muuntaa suoraan tarpeista siirtokuljetuksiksi. Optimoinnin avulla voidaan välttyä ambulanssityhjiöiltä, koska järjestelmä pystyy pitämään yllä tilannekuvaa ambulanssien vasteaikojen kattavuudesta. On kuitenkin selvää, että tämän kaltaisessa järjestelmässä kaiken suunnittelun siirtäminen optimointialgoritmille on lähes mahdotonta ja aina vaaditaan esimerkiksi päivystäjä ottamaan vastuun potilassiirtokuljetuksien suunnittelusta. Tällöin välttään suunnittelussa virheitä, jotka aiheuttaisivat potilaalle terveydellistä riskiä.

6.8.2 Optimointiohjelmistojen käyttö ja valinta

Työssä tehtyjen optimointialgoritmien tutkimisesta saatujen tuloksien perusteella on suositeltavaa, että optimointia pyritään hyödyntämään potilassiirtokuljetuksien suunnittelussa. Aliluvussa 4.3 esiteltyjen arvioiden mukaan optimoinnin hyödyntämisestä syntyy merkittäviä säästöjä kustannuksissa ja lisäksi alueellisten ambulanssityhjiöiden syntymistä voidaan välttää.

Aliluvussa 3.7 käsiteltyjen optimointiohjelmistojen ja –menetelmien tutkimustuloksien perusteella oikean optimointitoteutuksen löytäminen voi olla haastavaa. Potilassiirtokuljetuksien vaatimukset, kuten esimerkiksi aikaikkunat ja ominaisuudet, vaihtelevat huomattavasti siirtokuljetuksesta riippuen. Näiden vaatimusten määrittäminen optimointialgoritmile on huomioitava erityisen tarkasti. Käytettävien kuljetusajoneuvojen ja resurssien tietojen tulee olla ajan tasalla. Mikäli kuljetusajoneuvo ei täytä nykyisellään potilassiirtokuljetukselle asetettuja ominaisuusvaatimuksia, voi tulokset olla potilaan kannalta hengenvaarallisia.

Valitun optimointialgoritmin tai sen toteuttaman palvelun tulee tarjota mahdollisuus rajoitteiden ja ominaisuuksien hallintaan sekä optimoinnin dynaamisuuteen. Dynaamisuuden kannalta merkittävä ominaisuus on mahdollisuus muokata vain osaa jo tehdyistä optimointiratkaisuista. Esimerkiksi yhden siirtokuljetuksen suunnittelumuutoksen ei tulisi vaikuttaa kaikkiin jo suunniteltuihin siirtokuljetuksiin vaan muutoksen tulisi kohdistua vain välttämättömiin. Tällöin välttyttäisiin jatkuvilta muutoksilta ja tilannekuvaa olisi helpompi pitää yllä. Lisäksi laskennan tulee olla riittävän nopeaa, sillä usein optimointi tarvitaan minuuttien kuluessa siirtokuljetuksen tehtävän syntymisestä, potilassiirtokuljetuksien suunnitelmat tehdään usein aamuisin ja suunnitellut siirrot tulisi suorittaa jo saman päivän aikana. Tällöin tunteja kestävä optimointiratkaisu ei tule kysymykseen, sillä usein tarpeen voidaan olettaa muuttuvan tuona aikana.

Optimointiohjelmistoa valitessa tulee kiinnittää huomiota sen kykyyn toimia palveluna ilman erillistä käyttöliittymää. Tässä työssä suunnitellun potilassiirtokuljetusjärjestelmän logistiikkaa ohjataan lähinnä suunnitellun hallintasovelluksen kautta, jolloin ulkoisen palvelun tulisi pystyä kommunikoimaan optimoinnista saamansa ratkaisut vaadittavine tietoineen järjestelmän käyttöön. Tämä vaatii toimivaa rajapintaa optimointiohjelmiston käyttämiseksi. Potilassiirtokuljetusjärjestelmän optimoinnille asettamat tarpeet tulee miettiä tarkkaan ennen rajapinnan suunnittelua. Lisäksi optimointiohjelmiston tulisi hyödyntää samaa TUKA:n tarjoamaa karttamateriaalia, jotta optimoinnin reittivallinnat olisivat yhteensopivia karttasovelluksen karttapohjan ja tiestöjen kanssa.

7 YHTEENVETO

Tämä luku käsittelee tämän työn lopputuloksia, suunnittelun onnistumista, toteutusta sekä jatkokehitysehdotuksia järjestelmälle.

7.1 Potilassiirtokuljetuksen logistiikan hallinta

Logistiikan hallinta on suhteellisen yksinkertainen käsite ja sitä on tutkittu erittäin paljon. Potilassiirtokuljetuksessa on hyvin paljon samankaltaisia piirteitä kuin perinteisessä tavarankuljetuslogistiikassa. Potilassiirtokuljetukset vaativat kuitenkin esivalmisteluilta ja suunnittelultaan enemmän hoitoalan asiantuntemusta, kuin perinteinen tavaralogistiikka. Mikäli siirtokuljetus hoidetaan huolellisesti, ei siitä koidu lääketieteellistä riskiä potilaalle.

Potilassiirtokuljetuksia suunniteltaessa on niiden suunnittelijalla suuri vastuu, ja asiantuntemus on välttämätöntä. Potilaalle aiheutuvat terveydelliset riskit on pidettävä minimissään siirtokuljetuksen tapahtuessa. Suunnittelussa käytettävien tietojen on oltava ajan tasalla ja varmasti saatavilla suunnitelmia tehdessä. Siirtokuljetusketjun yksi tärkeimmistä vaiheista on siirtokuljetuksen tarpeiden määrittäminen. Nämä tarpeet ohjaavat koko myöhempää siirtoketjua. Mikäli siirtokuljetukselle määritetään väärät tarpeet, kuten vääränlainen kuljetusajoneuvo, voidaan se huomata vasta siirtokuljetusta aloitettaessa. Pahimmassa tapauksessa siirron aikana on tarve elintoimintoja tukemiselle tai tarkkailulle, jota ei tarpeita määritettäessä osattu arvioida. Järjestelmään syötettävät tiedot muodostetaan potilassiirtokuljetuksen tehtäväksi. Tehtävä kuvaa tarvetta potilassiirtokuljetukselle. Tästä muodostetaan yhdessä yksiköiden ja hoitolaitoksien kanssa pyyntö ja myöhemmin itse siirtokuljetus, joka on osoitettu toteuttavalle yksikölle. Siirtokuljetuksen toteuduttua niin tehtävä, siitä luotu pyyntö kuin pyynnöstä luotu siirtokuljetus ovat suoritettuja.

Huolellinen suunnittelu parantaa niin kustannustehokkuutta, resurssien käyttöä kuin potilasturvallisuutta ja ensihoidon tasoa. Potilassiirtokuljetuksien suunnittelulla on mahdollisuus vapauttaa ambulansseja kansalaistehtävien hoitamiseen. Tämä edesauttaa ambulanssityhjiöiden syntymistä joillekin alueille ja ensihoidon tasoa voidaan pitää yllä. Lisäksi ambulanssien käyttöaste potilassiirtokuljetuksissa on arvioitu monilla alueilla olevan liian suuri, vaikka siirtokuljetukset voisi toteuttaa esimerkiksi takseilla. Pelkästään Keski-Suomen maakunnan alueella on arvioitu potilassiirtokuljetuksien paremmalla suunnittelulla saavutettavan jopa 2 miljoonan euron vuotuiset säästöt. Tämän saavuttamiseksi vaaditaan hyvää logistiikan optimoinnin tuntemusta ja hyödyntämistä.

7.2 Suunnittelutyön tarkastelu

Työnteon tukemiseen tarkoitettuja sovelluksia pidetään monesti monimutkaisina, mikä johtuu niiden luotujen ominaisuuksien määrästä. Näin käy usein yksinkertaisimpiakin sovelluksia toteutettaessa. Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella mahdollisimman helppokäyttöinen järjestelmä potilassiirtokuljetuksien logistiikan hallintaan. Työn kannalta olennaiset siirtokuljetukset ovat organisaatioiden välillä tapahtuvat kiireettömät potilassiirtokuljetukset, jolloin kuljetuksen toteuttaminen vaatii kuljetusajoneuvoa. Näiden siirtokuljetuksien suunnittelu on usein työlästä ja ylläpito muuttuvien tarpeiden mukaan on hyvin vaikeaa ilman sopivaa järjestelmää ja työkaluja.

Työssä esitelty järjestelmän suunnittelutyö vaikuttaa lupaavalta. Järjestelmälle alun perin asetetut vaatimukset olivat hyvin yksinkertaisia, selkeitä ja antavat vapaan kentän järjestelmän suunnittelulle. Järjestelmän jakaminen hallintasovellukseen ja suunnittelutyötä tukevaan karttasovellukseen on varmasti toimiva ratkaisu jokapäiväiseen työhön. Hallintasovelluksen käytettävyyden helpottamiseksi käyttäjä ei voi eksyä sovelluksessa näkymään, jossa jotain jäisi huomioimatta. Käyttäjällä on kokoajan tieto tapahtumista ja näkymän näyttämää informaatiota voi vaihtaa välilehtien avulla. Suunnittelu on lisäksi helppoa, sillä suurin osa tiedon käsittelyistä tapahtuu erillisissä ponnahdusikkunanäkymissä, jotka toteuttavat samat periaatteet. Lisäksi asioiden muokkaaminen perusnäkymissä on viety minimiinsä, jotta vahinkopainalluksien ja odottamattomien tilojen määrä saataisiin pienemmäksi. Tämä tekee järjestelmästä vakaamman ja välttämään poikkeustapauksilta.

ERICA-tietojärjestelmän hyödyntäminen osana järjestelmää antaa mahdollisuuden toteuttaa käyttötapaukset helposti ja tehokkaasti. ERICA tarjoaa valtakunnallista, ajantasaista tietoa yksiköistä, joita potilassiirtokuljetuksien suunnittelussa käytetään. Reaaliaikainen tieto on hyvin tärkeää ensihoitopalvelun järjestelmissä. Lisäksi se tarjoaa tietokannan tallennukseen, mikä avaa mahdollisuuden potilassiirtokuljetuksien laajempaan, valtakunnalliseen tarkasteluun.

7.3 Toteutus

Työssä tehtyjen järjestelmän suunnitelmien pohjalta tulee potilassiirtojärjestelmälle luoda logistiikan hallinnan sovellus, joka koostuu hallinta- ja karttasovelluksesta. Hallintasovelluksen tulee toteuttaa kaikki sille asetetut vaatimukset ja pystyä yksin suorittamaan kaikki vaaditut käyttötapaukset. Karttasovelluksen on todettu auttavan esimerkiksi optimointiohjelmistojen käytössä, joten sen toteutus potilassiirtokuljetusjärjestelmään on suositeltavaa. Karttasovelluksen tulee käyttää TUKA:n tarjoamia karttapalveluita.

Järjestelmä tulee yhdistää valtakunnalliseen ERICA-hätäkeskustietojärjestelmään, jotta paikallisia tallennus- ja tiedonkeruupalvelimia ei tarvita. ERICA mahdollistaa järjestelmän yksiköiden reaaliaikaisten tietojen käytön, joka on välttämätöntä kattavien suunnit-

telmien tekemiseen. Ilman reaaliaikaista tietoa, esimerkiksi ambulanssien varustuksesta, voi suunnittelussa sattua kohtalokkaita virheitä.

Logistiikan optimointiohjelmiston käyttäminen logistiikan hallinnan tukena on suositeltavaa. Optimoinnille tulee määrittää vaatimukset ja tarkat käyttötapaukset, jonka jälkeen ohjelmistoja tulee vertailla, jotta sopivin vaihtoehto löydetään. Optimointiohjelmiston tulee tarjota rajapinta potilassiirtokuljetusjärjestelmän käyttöön siten, ettei erillistä käyttöliittymää optimoinnin käyttöön tarvita. Rajapinnan tulee tarjota optimoinnin ratkaisun tiedot järjestelmän käytettäväksi. Lisäksi optimointiohjelmiston tulisi käyttää TUKA:n tarjoamia karttapalveluita, jotta optimoinnin tuottamat reitit olisivat yhteneviä karttasovelluksen käyttämän karttapohjan sekä tiestöjen kanssa.

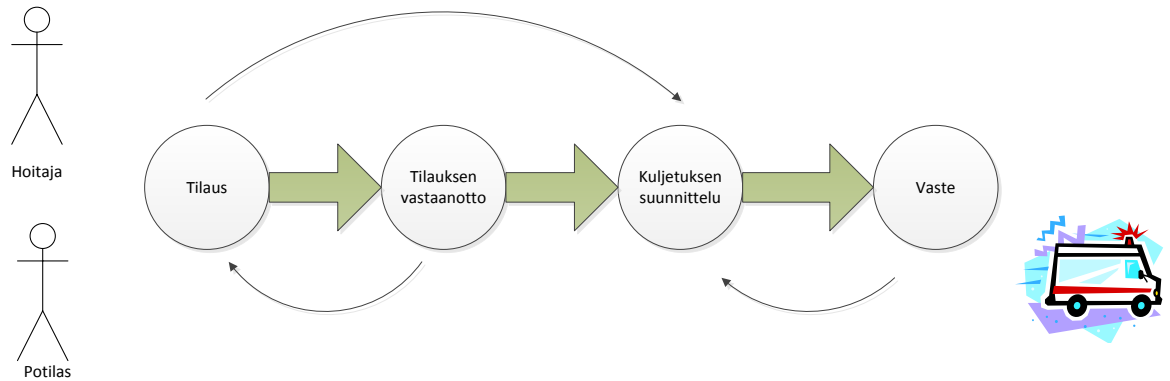
7.4 Jatkotutkimus

Tässä työssä suunnitellun potilassiirtokuljetuksien logistiikan hallintajärjestelmän jatkokehitysmahdollisuudet ovat laajat. Järjestelmän käyttöä ei välttämättä tarvitse rajoittaa pelkästään potilassiirtokuljetuksiin vaan tuotteistamisen kautta sitä voitaisiin käyttää myös muilla toimialoilla. Sitä voitaisiin hyödyntää esimerkiksi koulukuljetuksissa. Suunnittelutyössä on käytetty lähtökohtana ajattelua, että toiminnalliset osat (tehtävät, pyynnöt ja siirtokuljetukset) toimisivat useille eri logistisille operaatioille pienillä muutoksilla. Myöskään käytettäviä resursseja ei ole rajattu pelkästään sairaanhoitoyksiköihin vaan ne voisivat olla esimerkiksi linja-autoja tai kuorma-autoja.

Logistiikan optimointiohjelmistojen käyttö voisi viedä osan suunnittelusta automaattiseksi. Kiireettömissä potilassiirtokuljetuksista merkittävä osa on rutiininomaisia toimintoja, joiden suunnittelun toteuttaminen ilman käyttäjän toimia olisi täysin mahdollista. Mikäli voidaan osoittaa, että siirtokuljetuksesta ei normaalissa tapauksessa voi koitua terveydellistä haittaa potilaalle, voitaisiin optimoinnin antama ehdotus kuljetukselle hyväksyä automaattisesti. Tämä vaatii kuitenkin järjestelmältä jatkuvaa reaaliaikaista tietoa yksiköistä ja suunnittelusta. Lisäksi optimoinnin tueksi tarvittaisiin laajempi tarpeiden ja ominaisuuksien käsite. Tarpeet määrittävät siirtokuljetuksen vaatimukset, jotka esimerkiksi yksikön ominaisuuksien tulisi täyttää. Mikäli siirtokuljetuksella on tarve hengityskoneelle ja kuljetuskapasiteettia kahdelle henkilölle, voisi optimointialgoritmi huomioida tarpeet ja osoittaa oikean yksikön siirtokuljetukselle.

Potilassiirtokuljetusjärjestelmä on hyvä esimerkki sovelluksesta, joka voitaisiin toteuttaa myös selainpohjaisesti. Selainpohjaisuus helpottaisi järjestelmän käyttöä pienemmissäkin hoitolaitoksissa. Saapuvat ilmoitukset voitaisiin tehdä nettikäyttöliittymän kautta, jolloin kukin organisaatio tai hoitolaitos voisi luoda siirtokuljetustilauksen järjestelmään. Tämä antaisi mahdollisuuden myös tiedonvälityksen paranemiselle. Potilassiirtokuljetuksiin on usein yhdistetty epä tietoisuus ja tiedon välityksen puute. Mikäli sairaanhoitaja syöttäisi järjestelmään esimerkiksi yhteystiedot, voisi hoitaja saada tiedon siirtokuljetuksen suunnittelusta, toteutumisesta tai muutoksista (Kuva 7.1). Yksiköt voisi-

vat raportoida suoraan suunnittelijalle, joka voisi raportoida siitä tilaajalle. Tällöin vältyttäisiin epämiellyttäviltä odotuksilta ja potilas voitaisiin valmistella siirtokuljetukseen vasta kun se on tarpeen. Tilaukseen voitaisiin myös antaa potilaan yhteystiedot, jolloin potilas saisi esimerkiksi tekstiviestillä tiedon siirtokuljetuksien ajankohdasta. Tämä helpottaisi siirtoihin valmistautumista.



Kuva 7.1: Tiedonvälitysehdotus järjestelmässä

Ensihoitolain tuomat muutokset helpottavat ensihoitokustannuksien seurantaa, sillä kuntien sijaan ensihoitopalvelut toteutetaan alueellisesti sairaanhoitopiireissä. Tämä helpottaa tiedon keruuta, sillä aikaisemmin tiedon kerääminen kunnista olisi ollut työlästä. Suunnitellun potilassiirtokuljetusjärjestelmän myötä on mahdollista tarkastella koko logistiikan ketjua, jolloin käyttöasteen ja kustannuksien raportointi on helpompaa. Järjestelmään voisikin suunnitella ominaisuuksia kustannuksien tietojen ja raporttien tarkasteluun oman sairaanhoitopiirin alueella. Liittyminen ERICA-tietojärjestelmään tekee potilassiirtokuljetuksien tarkastelusta mahdollista myös kuntakohtaisesti tai jopa valtakunnallisesti. Järjestelmän etuna voidaankin pitää sen laajaa toiminta-aluetta ja laajenemismahdollisuuksia sairaanhoitopiirien yli mikäli tämä on tulevaisuudessa tarpeen.

LÄHTEET

- Ahonen, J., & Kuura, A. (2012). Kuopion yliopistollisen sairaalan potilassiirtokuljetusten seurantatutkimus. *Savonia-Ammattikorkeakoulu*.
- Ball, C., Kirkby, M., & Williams, S. (2003). Effect of the critical care outreach team on patient survival to discharge from hospital and readmission to critical care: non-randomised population based study. *Bmj*, 327(7422), 1014.
- Boodhoo, J. P. (2006). Design Patterns-Model view presenter. *MSDN Magazine-Louisville*, 91-100.
- Boutilier, S. (2007). Leaving critical care: facilitating a smooth transition. *Dimensions of critical care nursing*, 26(4), 137-142.
- Bräysy, O. (2007). Optimoinnin hyödyt kunnallisissa kuljetuksissa ja palveluissa. *Jyväskylän yliopisto*.
- Chaboyer, W., James, H., & Kendall, M. (2005). Transitional Care After the Intensive Care Unit Current Trends and Future Directions. *Critical Care Nurse*, 25(3), 16-28.
- Coleman, E. A., & Fox, P. D. (2004a). One Patient, Many Places: Managing Health Care Transitions. *Annals of Long Term Care*, 12, 25-33.
- Coleman, E. A., & Berenson, R. A. (2004b). Lost in transition: challenges and opportunities for improving the quality of transitional care. *Annals of Internal Medicine*, 141(7), 533-536.
- CO-SKY 2013, Jyväskylän yliopisto [WWW]. [viitattu 10.11.2013] Saatavissa: www.co-sky.fi.
- Doran, D. I., Sidani, S., Keatings, M., & Doidge, D. (2002). An empirical test of the nursing role effectiveness model. *Journal of Advanced Nursing*, 38(1), 29-39.
- Escobar Velasquez, J. W. (2013). Heuristic algorithms for the Capacitated Location-Routing Problem and the Multi-Depot Vehicle Routing Problem. *Alma Mater Studiorum . Università di Bologna*.
- Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri, HUS (2011). Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. *Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin ensihoidon palvelutasopäätös vuosille 2012–2013. Ensihoitokeskus*.
- Hendrich, A. L., & Lee, N. (2004). Intra-unit patient transports: time, motion, and cost impact on hospital efficiency. *Nursing economic\$*, 23(4), 157-64.
- HS 2013, Helsingin Sanomat [WWW]. [viitattu 20.10.2013] Saatavissa: <http://www.hs.fi/kaupunki/a1371957569669>.

Hurst, K. (2005). Relationships between patient dependency, nursing workload and quality. *International journal of nursing studies*, 42(1), 75-84.

Jauhiainen, V., & Rantanen, A. (2009). Organisaation sisäiset potilassiirrot teho- ja vuodeosastojen sairaanhoitajien kuvaamina. *Pro gradu-tutkielma. Hoitotieteen laitos. Tampereen yliopisto*.

Kuntaliitto 2012, sairaanhoitopiirit [WWW]. [viitattu 20.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/kunnat/sairaanhoitopiirit/kartat/Documents/Sairaanhoitopiirit%202012.pdf>.

Liikenneviraston logistiikkaselvitys 2012 [WWW]. [viitattu 20.10.2013]. Saatavissa: http://www.lvm.fi/docs/fi/1986562_DLFE-15768.pdf.

Lillrank, P., & Liukko, M. (2004). Standard, routine and non-routine processes in health care. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 17(1), 39-46.

Lintu, M. (2011). Keski-Suomen sairaanhoitopiiri. *Selvitystyö: Potilaiden siirtokuljetukset Keski-Suomen sairaanhoitopiirin alueella. KSSHP Ensihoitokeskus*.

McGaughey, J., Alderdice, F., Fowler, R., Kapila, A., Mayhew, A., & Moutray, M. (2007). Outreach and Early Warning Systems (EWS) for the prevention of intensive care admission and death of critically ill adult patients on general hospital wards. *Cochrane Database Syst Rev*, 3.

Mladenović, N., Todosijević, R., & Urošević, D. (2012). An efficient General Variable Neighborhood Search for large Travelling Salesman Problem with Time Windows. *Computers & Operations Research*, 23(1).

Nagy, G., Wassen, N. A., & Salhi, S. (2013). The vehicle routing problem with restricted mixing of deliveries and pickups. *Journal of Scheduling*, 1-15.

Pirkanmaan sairaanhoitopiiri, PSHP (2012). Tampereen yliopistollinen sairaala. *Pirkanmaan sairaanhoitopiirin ensihoidon palvelutasopäätös. Ensihoitokeskus*.

Puranen, T. (2011). Metaheuristics meet metamodels: a modeling language and a product line architecture for route optimization systems.

Ranki, S. (2011). Optimointiohjelmistojen käytettävyys ja liiketoimintamahdollisuudet kuntaorganisaatiossa. *Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto*.

Schmid, A., Hoffman, L., Happ, M. B., Wolf, G. A., & DeVita, M. (2007). Failure to rescue: a literature review. *Journal of nursing administration*, 37(4), 188-198.

Toth, P., & Vigo, D. (Eds.). (2002). *The vehicle routing problem* (Vol. 9). Siam.

Vidal, T., Crainic, T. G., Gendreau, M., & Prins, C. (2013). Heuristics for multi-attribute vehicle routing problems: a survey and synthesis. *European Journal of Operational Research*.

Watts, R. J., Pierson, J., & Gardner, H. (2005). How do critical care nurses define the discharge planning process?. *Intensive and critical care nursing*, 21(1), 39-46.

Williams, H. P. (2013). *Model building in mathematical programming*. John Wiley & Sons.

LIITE 1: KÄYTTÖTAPAUKSET

Tarkastele resursseja	
ID	#TR1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella resursseja (yksiköt ja hoitolaitokset) ja niiden tietoja (paikat, tilat, yhteystiedot). Käyttäjä voi tarkastella lähemmin yhden resurssin, kuten yksikön tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä näkee valitsemansa resurssin tiedot käyttöliittymällä.
Poikkeukset	

Tarkastele tehtäviä	
ID	#TT1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella tehtäviä ja niiden tietoja. Käyttäjä voi tarkastella lähemmin yhden tehtävän tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä näkee valitsemansa tehtävän tiedot käyttöliittymällä.
Poikkeukset	

Tarkastele kuljetuspyyntöjä	
ID	#TKP1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella pyyntöjä ja niiden tietoja. Käyttäjä voi tarkastella lähemmin yhden pyynnön tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä näkee valitsemansa pyynnön tiedot käyttöliittymällä.
Poikkeukset	

Tarkastele siirtokuljetuksia	
ID	#TSK1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella siirtoja ja niiden tietoja. Käyttäjä voi tarkastella lähemmin yhden siirron tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä näkee valitsemansa siirron tiedot käyttöliittymällä.
Poikkeukset	

Luo tehtävä	
ID	#LT1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi luoda tehtäviä ja syöttää niille tiedot.
Lopputulos	Käyttäjä loi tehtävän järjestelmään.
Poikkeukset	Luonti perutaan, jolloin tehtävää ei luoda.

Muokkaa tehtävän tietoja	
ID	#MT1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi muokata tehtävää ja syöttää niille tiedot.
Lopputulos	Käyttäjä muokkasi tehtävän tietoja.
Poikkeukset	Muokaus perutaan, jolloin tehtävää ei muokata.

Poista tehtävä	
ID	#PT1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi poistaa halutun tehtävän.
Lopputulos	Käyttäjä poisti tehtävän onnistuneesti järjestelmästä.
Poikkeukset	Poistamista ei voida suorittaa, jolloin tehtävä säilyy järjestelmässä.

Luo kuljetuspyyntö	
ID	#LKP1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi luoda kuljetuspyynnön ja syöttää niille tiedot.
Lopputulos	Käyttäjä loi kuljetuspyynnön järjestelmään.
Poikkeukset	Luonti perutaan, jolloin pyyntöä ei luoda.

Muokkaa kuljetuspyynnön tietoja	
ID	#MKP1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi muokata pyynnön tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä muokkasi pyynnön tietoja.
Poikkeukset	Muokkaus perutaan, jolloin pyyntöä ei muokata.

Poista kuljetuspyyntö	
ID	#PKP1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi poistaa halutun pyynnön.
Lopputulos	Käyttäjä poisti pyynnön onnistuneesti järjestelmästä.
Poikkeukset	Poistamista ei voida suorittaa, jolloin pyyntö säilyy järjestelmässä.

Luo siirtokuljetus	
ID	#LSK1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi luoda siirtokuljetuksen kuljetuspyynnön ja resurssin avulla.
Lopputulos	Käyttäjä loi siirtokuljetuksen kuljetuspyynnön mukaisesti halutulle resurssille. Käyttäjä pystyi muuttamaan haluamiansa tietoja. Pyyntö merkataan toteutuvaksi.
Poikkeukset	Luonti perutaan, jolloin siirtokuljetusta ei luoda.

Muokkaa siirtokuljetuksen tietoja	
ID	#MSK1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi muokata siirtokuljetuksen tietoja.
Lopputulos	Käyttäjä muokkasi siirtokuljetuksen tietoja.
Poikkeukset	Muokkaus perutaan, jolloin siirtokuljetusta ei muokata.

Poista kuljetuspyyntö	
ID	#PSK1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ja tallennusoikeudet ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi poistaa halutun siirtokuljetuksen.
Lopputulos	Käyttäjä poisti siirtokuljetuksen onnistuneesti järjestelmästä.
Poikkeukset	Poistamista ei voida suorittaa, jolloin siirtokuljetus säilyy järjestelmässä.

Tarkastele potilasohjauksen toteutumista	
ID	#TPOT1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella potilasohjauksia.
Lopputulos	Käyttäjä näkee milloin potilaat saapuvat hoitolaitoksiin.
Poikkeukset	

Tarkastele hoitolaitossiirtojen toteutumista	
ID	#THLST1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi tarkastella hoitolaitossiirtojen eli kuljetuksien toteutumista.
Lopputulos	Käyttäjä näkee milloin potilaat saapuvat hoitolaitoksiin.
Poikkeukset	

Kartalla näyttäminen	
ID	#KN1
Aktori(t)	Ensihoitokeskuksen päivystäjä
Toistuvuus	Jatkuva-aikainen
Esiehdot	Järjestelmällä on pääsy ERICA-tietojärjestelmään
Kuvaus	Käyttäjä voi valita kartalla näytettäväksi yksiköitä, hoitolaitoksia ja siirtokuljetuksia.
Lopputulos	Käyttäjä näkee kartalla halutun yksikön, hoitolaitoksen tai siirtokuljetuksen.
Poikkeukset	